

Leena Karhu

PORRASTETTUJEN LIITTYYMIEN TUR- VALLISUUS MAANTEILLÄ

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Diplomityö
Huhtikuu 2019

TIIVISTELMÄ

Leena Karhu: Porrastettujen liittymien turvallisuus maanteillä
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Tietojohdamisen diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2019

Porrastetussa liittymässä nelihaaraliittymä on jaettu kahdeksi kolmihaaraliittymäksi. Nelihaaraliittymän porrastamista pidetään turvallisuutta edistävänä toimenpiteenä erityisesti liittymän konfliktipisteiden määrän vähenemisen takia. Porrastettu liittymä voi olla porrastustavaltaan joko oikea-vasen- tai vasen-oikeaporrastus. Työssä tutkittiin maanteiden porrastettujen liittymien turvallisuutta tarkastelemalla porrastetuissa liittymissä tapahtuneita henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia Suomessa vuosina 2009–2017. Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon ja millaisia henkilövahinko-onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu. Tavoitteena oli saada tietoa myös suunnitteluratkaisuista ja niiden vaikutuksesta turvallisuuteen. Lisäksi haluttiin tietää, miten paljon henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille eli jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille, ja miten nämä tienkäyttäjät on huomioitu suunnitteluratkaisuissa. Näiden perustella oli tarkoitus määrittellä, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä kaikille tienkäyttäjille.

Työn teoreiasuudessa tutustuttiin aihetta käsitteleviin aikaisempiin julkaisuihin ja tutkimuksiin ja tarkasteltiin porrastettujen liittymien nykyisiä suunnitteluohjeita Suomessa. Lisäksi tarkasteltiin porrastettujen liittymien suunnitteluohjeistuksia muissa Pohjoismaissa. Tutkimuksessa läpi käydyn kirjallisuuden perusteella vastaavaa tarkastelua porrastetuista liittymistä ei ollut tehty aiemmin Suomessa tai ulkomailla. Työn empiriaosuudessa aihetta tutkittiin suomalaisille ja ulkomaalaisille asiantuntijoille tehtyjen kyselyjen ja onnettomuustietojen analysoinnin kautta. Suomalaiset asiantuntijat pitivät porrastusta yleisesti ottaen hyvänä vaihtoehtona parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta. Sekä suomalaiset että ulkomaalaiset asiantuntijat pitivät oikea-vasenporrastusta parempana porrastustapana. Suomalaiset asiantuntijat pitivät suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimista tärkeänä.

185 porrastetussa liittymissä tapahtui vuosina 2009–2017 yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli vasen-oikeaporrastettuja liittymiä suurempi. Riskit kasvoivat sen mukaan mitä suurempi oli liittymään sivutieltä saapuvien ajoneuvojen osuus. Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet onnettomuudet olivat pääasiassa kääntymis-, suistumis- ja peräänajo-onnettomuuksia. 30 henkilövahinko-onnettomuutta tapahtui suojaamattomille tienkäyttäjille. 80 prosentissa liittymistä suojaamattomille tienkäyttäjille ei ollut toteutettu järjestelyitä päätieltä risteämiseen. Suomalaisissa asiantuntijakyselyissä esille tuotujen tienkäyttäjäpalautteiden mukaan osa suojaamattomista tienkäyttäjistä kokee turvattomuutta porrastetuissa liittymissä. Autoilijoiden suuret nopeudet ja havainnoinnin puute sekä liittymäalueen laajuus voivat aiheuttaa suojaamattomille tienkäyttäjille turvattomuuden tunnetta.

Tulosten perusteella porrastusväli 50–350 metriä oli porrastusväleistä turvallisin. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tulisi olla vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännäytessä, mutta vasen-oikeaporrastuksissa oikealle kääntymiskaistoille ei näyttäisi niinkään olevan tarvetta. Oikea-vasenporrastuksissa väistötila näytti lisäävän turvallisuutta, mutta sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tulos oli päinvastainen.

Turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä on porrastustavaltaan liikenneolosuhteisiin sopiva, siinä on tienkäyttäjien toimintaa tukevat ja turvallisuutta edistävät suunnitteluratkaisut ja sen turvallisuutta tarkastellaan kokonaisvaltaisesti ottaen huomioon sekä objektiivinen että subjektiivinen turvallisuus. Suunnitteluratkaisuissa tulee huomioida myös suojaamattomat tienkäyttäjät. Turvallisessa porrastetussa liittymässä on selkeät väistämisvelvollisuudet, liittymäympäristöön hyvin soveltuvat nopeudet ja hyvä näkyvyys, jotta liikenne on sujuvaa ja tienkäyttäjät havaitsevat paitsi liittymän myös toisensa ajoissa.

Avainsanat: porrastettu liittymä, turvallisuus, henkilövahinko-onnettomuus, suojaamaton tienkäyttäjä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Leena Karhu: Traffic safety at staggered intersections
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Information and Knowledge Management
April 2019

A staggered intersection is a special type of intersection, which consists of two three-leg intersections. Compared to a four-leg intersection, a staggered intersection decreases the number of conflict points. Staggered intersections can be divided into two types of intersections: left-right-staggered and right-left-staggered intersections. In this study, the traffic safety of staggered intersections on national roads was studied by examining injury accidents, which occurred on staggered intersections in Finland in 2009–2017. The aim of the study was to find out how much and what kind of injury accidents occur in staggered intersections. The purpose was also to obtain information on the traffic arrangements used in staggered intersections and how they impact on traffic safety. In addition, the aim was to answer how many injury accidents occur to vulnerable road users i.e. pedestrians, cyclists and moped riders, and how are these road users taken into account with traffic arrangements. As a result of the findings, the goal was to determine what kind of staggered intersections are safe for all road users on national roads.

In the theoretical part of the study, previous publications and studies of the topic were studied and the current Finnish road design guidelines were examined. In addition, the design guidelines in other Nordic countries were studied. Based on the literature study, similar approach and study about staggered intersections had not been made earlier in Finland or abroad. In the empirical part of the study, the subject was studied through surveys conducted on the Finnish and foreign experts and analysis of the accident data. Generally, the experts considered a staggered intersection as a good alternative to improve a safety of the four-leg intersection. The right-left staggered intersection was considered the best choice to improve a safety of the four-leg intersection. Finnish experts stated that it is important to pay attention to vulnerable road users.

In the 185 examined staggered intersections in 2009–2017 there were a total of 133 injury accidents, eight of which resulted in death. The risk of injury accidents at right-left-staggered intersection was greater than at left-right-staggered intersection. The higher the share of the vehicles entering the main road from minor roads was, the higher the risks were. The most common accidents were accidents with a turning vehicle, single vehicle accidents and rear-end collisions. Thirty injury accidents had occurred to vulnerable road users. In 80 % of staggered intersections, there were no arrangements for the vulnerable road users to cross the main road. According to the road users' feedback presented in the Finnish expert surveys, vulnerable road users experience some insecurity at staggered intersections. High speeds and lack of observation by drivers can cause insecurity for vulnerable road users.

Based on the results, the safest distance between two three-leg intersections at a staggered intersection is between 50 meters and 350 meters. It seems that right-left staggered intersections should have left turn lanes when turning to the minor roads, but there is no need for the right turn lanes at left-right staggered intersections. At right-left staggered intersections bypass lanes seemed to increase safety, but in the case of left-right staggered intersections the result was the opposite.

A safe staggered intersection for all road users considers different traffic conditions, has traffic arrangements that support road users' actions and enhance traffic safety. The safety of the staggered intersection is to be considered holistically by taking into account both objective and subjective safety. The traffic arrangements should also take into account vulnerable road users. A safe staggered intersection has clear obligation to give way and speeds that are suitable to the traffic environment, and good visibility to ensure smooth traffic flow and to enable road users to recognize the intersection and road users in good time.

Keywords: staggered intersection, traffic safety, injury accident, vulnerable road user

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Väylävirastoa tämän työn mahdollistamisesta ja tukemisesta. Lämmin kiitos ohjaajalleni Ari Liimataiselle tutkimusaiheen ideoinnista ja siitä suuresta ammattitaidosta, jolla ohjasit minun työtäni. Kiitos yliopiston ohjaajalle lehtori Markus Pölläselle asiantuntevista kommentteista ja tuesta diplomityön tekemisen aikana. Autoit löytämään punaiset langat välillä osin järjestelemättömistä ideoista ja ajatuksistani. Kiitos sinulle ohjaajana ja työn toiselle tarkastajalle professori Kalle Vaismaalle työn tarkastusaikataulun joustavuudesta, jotta pystyin valmistumaan tavoitteideni mukaisessa aikataulussa. Kiitos Christel Kautialalle ja Jaakko Klangille johduksesta aiheen pariin alun perin. Aihe tarjosi minulle paitsi haasteita, mutta myös paljon mahdollisuuksia kehittyä. Diplomityön tekeminen kaikkienensa oli hyvin opettava kokemus.

Tämän diplomityön myötä opiskeluvuodet tulevat päätökseen. Opiskeluvuosiin sisältyi elinikäisiä ystävyyssuhteita, hauskoja opiskelijatapahtumia, ja ennen kaikkea uuden oppimista ja arvokkaita muistoja. Kiitos perheelleni korvaamattomasta tuesta opiskelujeni varrella. Olette aina tukeneet valintojani ja kannustaneet minua. Erityiskiitos äidilleni uskon luomisesta silloinkin, kun suunnan löytäminen oli joskus haastavaa. Kiitos ystävilleni monista ikimuistoisista hetkistä. Kiitos myös tietojohdajakilta Man@gerille, jonka hallituksessa sain kunnian toimia kaksi vuotta.

Nyt on aika lähteä kohti uusia haasteita ja mahdollisuuksia!

Tampereella, 29.4.2019

Leena Karhu

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	2
1.3	Tutkimuksen rajaus	3
1.4	Tutkimuksen rakenne	4
2.	TUTKIMUSMENETELMÄT	6
2.1	Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat	6
2.2	Kirjallisuustutkimus	10
2.3	Asiantuntijakyselyt	11
2.4	Onnettomuustiedot	12
3.	MAANTIET JA LIITTYMÄN PORRASTAMINEN SUOMESSA	13
3.1	Maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet	13
3.2	Tasoliittymien henkilövahinko-onnettomuudet	15
3.3	Tasoliittymätyypit	17
3.4	Porrastetun liittymän suunnitteluohjeet	20
4.	TURVALLISUUSNÄKÖKULMA PORRASTETUISSA LIITTYMISSÄ	24
4.1	Liikenneturvallisuus ja onnettomuusmallit	24
4.2	Porrastettujen liittymien turvallisuus	28
4.3	Aiemmat suomalaiset tutkimukset	36
4.4	Turvallisuuden edistäminen liittymissä	38
5.	PORRASTETTUIEN LIITTYMIEN SUUNNITTELUOHJEISTUKSIA MUISSA POHJOISMAISSA	45
5.1	Ruotsi	45
5.2	Norja	46
5.3	Tanska	47
6.	ASiantuntijoiden näkemyksiä porrastetuista liittymistä	50
6.1	Asiantuntijakyselyt	50
6.1.1	Vastaajien valinta	50
6.1.2	Kyselyjen toteutus	50
6.1.3	Kyselyaineiston analysointi	52
6.2	Suomalaisille asiantuntijoille toteutetut kyselyt	53
6.3	Ulkomaalaisille asiantuntijoille toteutetut kyselyt	58
6.4	Yhteenveto	60
7.	HENKILÖVAHINKO-ONNETTOMUUDET PORRASTETUISSA LIITTYMISSÄ	62
7.1	Onnettomuustiedot	62
7.1.1	Lähtöaineiston porrastetut liittymät	62
7.1.2	Onnettomuusaineiston kerääminen	65
7.1.3	Onnettomuustietojen analysointi	67
7.2	Onnettomuusmäärät	72

7.3	Onnettomuusasteet	74
7.4	Onnettomuusluokat	77
7.5	Onnettomuustyytit	78
7.6	Suunnitteluratkaisut.....	82
7.7	Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet	87
7.7.1	Jalankulkijaonnettomuudet	87
7.7.2	Polkupyörräonnettomuudet	88
7.7.3	Mopo-onnettomuudet.....	90
7.7.4	Suunnitteluratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille	91
7.8	Liittymäkohtainen tarkastelu	94
8.	TULOSTEN ANALYSOINTI.....	99
8.1	Henkilövahinko-onnettomuudet porrastetuissa liittymissä	99
8.2	Suunnitteluratkaisujen vaikutus turvallisuuteen.....	101
8.3	Suojaamattomat tienkäyttäjät porrastetuissa liittymissä	105
8.4	Ehdotuksia porrastettujen liittymien turvallisuuden parantamiseksi	107
8.5	Vertailu aiempiin suomalaisiin tutkimuksiin	111
9.	PÄÄTELMÄT	114
9.1	Vastaukset tutkimuskysymyksiin.....	114
9.2	Tutkimuksen arviointi	117
9.3	Aiheita jatkotutkimuksiin.....	121
	LÄHTEET.....	123

LIITE A: KYSELY SUOMALAISILLE ASIAANTUNTIJOILLE

LIITE B: KYSELY ULKOMAALAISILLE ASIAANTUNTIJOILLE

LIITE C: ONNETTOMUUSLUOKAN MÄÄRITTELY

LIITE D: LIIKENNEONNETTOMUUSTYYPPIKUVASTO

LIITE E: ONNETTOMUUKSIEN AJALLINEN TARKASTELU

LIITE F: PORRASTETTUIJEN LIITTUMIEN ONNETTOMUUSTYYPIT

LIITE G: PÄÄTIEJEN KANAVOINTI

LIITE H: SUOJAAMATTOMIEN TIENKÄYTTÄJIIJEN ONNETTOMUUEDET JA
SUUNNITTELURATKAISUT

LIITE I: ENITEN HENKILÖVAHINKOON JOHTANEITA ONNETTOMUUKSIA

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1. Tutkimuksen rakenne</i>	5
<i>Kuva 2. Tutkimuksen metodologiset valinnat (muokattu lähteestä Saunders et al. 2009, s. 108).</i>	6
<i>Kuva 3. Maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet vuosina 2009–2017 (onnettomuustiedot Tiirasta).</i>	13
<i>Kuva 4. Maanteiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet vuosina 2009–2017 (onnettomuustiedot Tiirasta).</i>	14
<i>Kuva 5. Henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen (%) lähimmästä maantieliittymästä lasketun etäisyyden mukaan tieluokittain vuosina 2011–2014 (Peltola & Malin 2016).</i>	15
<i>Kuva 6. Tasoliittymätyypit (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001).</i>	18
<i>Kuva 7. Porrastustavat (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001).</i>	21
<i>Kuva 8. Vasen-oikeaporrastuksen minimiporrastusväli tasoliittymäohjeen mukaan (Tiehallinto 2001).</i>	22
<i>Kuva 9. Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat rinnakkain (Tiehallinto 2001).</i>	23
<i>Kuva 10. Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat peräkkäin (Tiehallinto 2001).</i>	23
<i>Kuva 11. Liikennejärjestelmän kokonaisuus (muokattu lähteestä Roine & Luoma 2009).</i>	25
<i>Kuva 12. Nelihaaraliittymän (ylhäällä) ja porrastetun liittymän (alhaalla) konfliktipisteet (muokattu lähteistä Rodgerdts et al. 2004, s. 222, FHWA 2018).</i>	29
<i>Kuva 13. Ristiriita vasen-oikeaporrastuksessa. Sivutien 1 suunnasta tuleva tienkäyttäjä ei välttämättä havaitse, onko toiselta sivutieltä 2 tuleva tienkäyttäjä kääntymässä sivutielle 1 suuntaan A vai jatkamassa päätietä suuntaan B. (Vejregler 2018).</i>	33
<i>Kuva 14. Liittymän turvallisuusperiaatteet (muokattu lähteestä PIARC 2003, s. 160).</i>	38
<i>Kuva 15. Oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksen vähimmäisporrastusvälit ruotsalaisen ohjeistuksen mukaan (Vägverket 2004).</i>	45
<i>Kuva 16. Oikea-vasen-porrastuksen liikennevalo-ohjauksen vaihekuvat (Vägverket 2004).</i>	46
<i>Kuva 17. Vasemmalle kääntymiskaistat vasen-oikea- (ylhäällä) ja oikea-vasenporrastuksessa (alhaalla) (Vejregler 2018).</i>	48
<i>Kuva 18. Vasen-oikeaporrastetun liittymän vasemmalle kääntymiskaistat peräkkäin (vasemmalla) ja rinnakkain (oikealla) tanskalaisen suunnitteluohjeen mukaan (Vejregler 2018).</i>	48

<i>Kuva 19. Maapähkinäliittymä Ranskassa (kuva Google Maps).</i>	58
<i>Kuva 20. Porrastetun liittymän solmupisteet (taustakartta Tiemappi).</i>	63
<i>Kuva 21. Porrastetun liittymän liittymäalue (taustakartta Tiemappi).</i>	64
<i>Kuva 22. Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pienempään liittymään, eikä tarkasteltavaan porrastettuun liittymään (kuva Google Maps).</i>	66
<i>Kuva 23. Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pihaan kääntymiseen ja pienempään liittymään, eikä tarkasteltavaan porrastettuun liittymään (kuva Google Maps).</i>	67
<i>Kuva 24. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) ja sijainti pää- ja sivutien mukaan oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksissa vuosina 2009–2017.</i>	73
<i>Kuva 25. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät (kpl) jaettuna onnettomuustyyppikuvaston pääryhmittäin vuosina 2009–2017.</i>	79
<i>Kuva 26. Jalankulkija ylittää päätietä sattumanvaraisesta kohtaa ja sivutieltä päätielle kääntyvä ajoneuvo törmää häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa jalankulkijaa ja punainen autoa.</i>	88
<i>Kuva 27. Pyöräilijä pyöräilee päätien reunassa ja kääntyy takana tulevan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.</i>	89
<i>Kuva 28. Pyöräilijä ohittaa sivutietä päätien suuntaisesti sivutieltä kääntyvän auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvan liittymässä tapahtui kaksi vastaavaa tapausta. Liittymässä ei ole järjestelyistä suojaamattomille tienkäyttäjille. Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.</i>	89
<i>Kuva 29. Pyöräilijä ylittämässä sivutietä päätien suuntaisella pyörätiellä päätieltä kääntyvän auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa. Kuvan liittymässä samassa kohtaa tapahtui myös vastaava mopo-onnettomuus. Erona oli, että mopoilija oli ajamassa mopoilijoille sallittua pyörätietä päätien suuntaisesti kuvassa vasemmalle, kun kuvan tilanteessa polkupyöräilijä ajoi oikealle.</i>	90
<i>Kuva 30. Mopoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta vaan oli kääntynyt päätietä ajavan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa mopoilijaa ja punainen autoa.</i>	91
<i>Kuva 31. Alikulku ja mopoilijoille sallittu pyörätie porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).</i>	92
<i>Kuva 32. Keskisaareke sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).</i>	92
<i>Kuva 33. Suojatie tai pyöräilyväylän jatke ilman saareketta sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).</i>	92

<i>Kuva 34. Suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyt päätien ylittämiseen tai alittamiseen porrastetuissa liittymissä (n=185).</i>	93
<i>Kuva 35. Suojaamattomien tienkäyttäjien paikka porrastetuissa liittymissä (n=185).</i>	93
<i>Kuva 36. Oikea-vasenporrastettu liittymä Hämeentie 28, Tuusula (kuva Google Maps).</i>	95
<i>Kuva 37. Oikea-vasenporrastettu liittymä Laihiantie 171, Mustasaari (kuva Karttapaikka).</i>	96
<i>Kuva 38. Oikea-vasenporrastettu liittymä Helsingintie 1390, Lapinjärvi (kuva Google Maps).</i>	97
<i>Kuva 39. Vasen-oikeaporrastettu liittymä Munsalan valtatie (Vt8 1388), Uusikaarlepyy (kuva Google Maps).</i>	97
<i>Kuva 40. Vasen-oikeaporrastettu liittymä Nelostie 944, Jyväskylä (kuva Google Maps).</i>	98

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Ajoneuvoliikenteen onnettomuudet	Tutkimuksessa käytetty termi, jota on käytetty kuvaamaan kaikkia muita kuin suojaamattomille tienkäyttäjille (jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat) tapahtuneita onnettomuuksia.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, joka hoitaa valtionhallinnon toimeenpano- ja kehitystehtäviä alueellisesti. ELY-keskukset vastaavat Väyläviraston ohjaamina maantieliikenteen sujuvuudesta ja turvallisuudesta alueillaan hoitaen maanteiden tienpitoa, kuten teiden hoitoa ja kunnossapitoa ja parantamista.
Henkilövahinko-onnettomuus	Kuolemaan ja/tai loukkaantumiseen johtanut onnettomuus.
Jalankulkijaonnettomuus	Onnettomuus, jossa osallisena ajoneuvon lisäksi jalankulkija.
Kuolemaan johtanut onnettomuus	Onnettomuus, jonka seurauksena vähintään yksi henkilö on kuollut 30 vrk kuluessa onnettomuuden tapahtumisesta.
KVL	Keskivuorokausiliikenne, joka tarkoittaa vuoden kaikkien päivien liikennemäärien summaa jaettuna vuodessa olevien päivien lukumäärällä. Yksikkö: ajoneuvoa/vrk eli ajon./vrk
Liikennevirasto	Vuosina 2010–2018 toiminut virasto, joka vastasi valtion tie- ja rataverkosta, vesiväylistä ja niiden kehittämisestä sekä maankäytön yhteensovittamisesta. Väyliin liittyvät toiminnot siirtyivät vuoden 2019 alussa aloittaneeseen Väylävirastoon, ks. Väylävirasto. Liikenneviraston muut tehtävät, jotka eivät suoraan liittyneet väylänpitoon siirrettiin puolestaan Liikenne- ja viestintävirasto Traficomiin. Liikenteenohjaus- ja hallintapalvelut siirrettiin valtion erityistehtäväyhtiöön nimeltä Traffic Management Finland.
Loukkaantumiseen johtanut onnettomuus	Onnettomuus, jonka seurauksena kukaan ei ole kuollut, mutta vähintään yksi henkilö on loukkaantunut.
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö, joka vastaa liikenne- ja viestintäpolitiikan valmistelusta ja toimeenpanosta sekä hallinnonalan virastojen ja laitosten ohjauksesta.
Mopo-onnettomuus	Onnettomuus, jossa osallisena mopo. Ei sisällä jalankulkija- eikä polkupyöräonnettomuuksia.

Onnettomuusaste	Liikenneturvallisuustarkastelussa käytetty suhdeluku, joka kuvaa tässä tutkimuksessa onnettomuuksien lukumäärää suhteessa liittymään saapuvien ajoneuvojen määrään. Onnettomuusasteen yksikkö on onnettomuuksien määrä miljoonaa liittymään saapuvaa ajoneuvoa kohden (onn./milj.ajon.) Yksikkönä voidaan käyttää myös onnettomuuksien määrää 100 miljoonaa liittymään saapuvaa ajoneuvoa kohti (onn./100 milj.ajon.).
Polkupyöräonnettomuus	Onnettomuus, jossa osallisena polkupyörä. Ei sisällä jalankulkijaonnettomuuksia.
Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet	Jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuudet.
Suojaamaton tienkäyttäjä	Jalankulkija, pyöräilijä tai mopoilija.
Tiehallinto	Vuosina 2001–2009 liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toiminut virasto, joka vastasi maanteiden ylläpidosta ja kehittämisestä sekä tarjosi erilaisia liikenteen tietopalveluita. Tiehallinnon keskushallinto yhdistettiin vuoden 2010 alussa aloittaneeseen Liikennevirastoon ja tiepiirit yhdeksään ELY-keskukseen. Ks. Liikennevirasto.
Tiemappi	Peruskarttakäyttöliittymä Väyläviraston sisäisille ja ulkoisille sidosryhmille.
Tierekisteri	Tietokanta, joka sisältää tietoa Väyläviraston vastuulla olevista maanteista sekä niiden liikenteestä.
Tiira	Väyläviraston ylläpitämä tienpitoon liittyvä tietopalvelu, jossa on saatavilla tietoa onnettomuuksista, tiestöstä ja liikenteestä.
Väylävirasto	Väylävirasto eli Väylä on Suomen valtion virasto, joka toimii liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalla vastaten valtion tieverkon, rautateiden ja vesiväylien kehittämisestä ja kunnossapidosta sekä maankäytön yhteensovittamisesta. Vuoteen 2018 kyseiset tehtävät olivat Liikenneviraston vastuulla, ks. Liikennevirasto.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tässä työssä tutkitaan porrastettujen liittymien turvallisuutta maanteillä. Porrastetussa liittymässä nelihaaraliittymä on jaettu kahdeksi kolmihaaraliittymäksi ja toimenpidettä kutsutaan nelihaaraliittymän porrastamiseksi. Toimenpiteellä tähdätään nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamiseen. Nelihaaraliittymien porrastamista pidetään kustannustehokkaana toimenpiteenä liikenneturvallisuuden parantamiseksi maanteillä ja tällaisia liittymämuutoksia on tehty Suomessa useita (ELY 2018). ELY-keskuksille on tullut tästä toimenpiteestä kuitenkin myös negatiivista palautetta. Osassa palautteista liittymät koetaan vaarallisina erityisesti jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille.

Porrastettujen liittymien turvallisuutta on tarkasteltu Suomessa aiemmin Kulmalan (1995) väitöskirjassa ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa Maanteiden tasoliittymien turvallisuus. Tutkimuksissa on tarkasteltu maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmääriä ja riskejä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien ja kuolleiden osalta. Tarkastelussa on otettu huomioon kaikki tienkäyttäjät yhtenä ryhmänä. Tutkimuksissa ei ole tarkasteltu sitä, miten paljon tai millaisia onnettomuuksia tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille eli jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille.

Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksen mukaan vasen-oikeaporrastuksissa henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski näyttää olevan selvästi pienempi kuin oikea-vasenporrastuksissa. Kuoleman riskin osalta tilanne on päinvastainen. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riskit ovat sitä suurempia, mitä suurempi on liittymään sivuteiltä saapuvien autojen osuus. (Peltola & Malin 2016) Aiemmat suomalaiset tutkimukset eivät kuitenkaan kerro, minkä tyyppisiä onnettomuuksia tienkäyttäjille sattuu, mikä on porrastuksen paras toteutustapa ja miten turvallisuutta voitaisiin parantaa. Tutkimustietoa ei myöskään ole porrastetuissa liittymissä toteutetuista suunnitteluratkaisuista, millaisia ne ovat ja miten ne vaikuttavat porrastetun liittymän turvallisuuteen.

Aiemmat tutkimukset porrastettujen liittymien turvallisuudesta eivät juurikaan kerro, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä, ja mitä asioita porrastettujen liittymien suunnittelussa tulisi huomioida, joten aihetta on syytä tutkia. Aihe on ajankohtainen myös jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden osalta saadun palautteen vuoksi. Mielenkiintoista on tietää, tapahtuuko porrastetuissa liittymissä onnettomuuksia ajoneuvojen kuljettajien lisäksi myös jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille, ja millaisia suunnitteluratkaisuja on tehty suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimiseksi vai onko

näitä ylipäättään huomioitu. Suunnitteluohjeissa ei ole käsitelty erityisiä järjestelyitä jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden turvallisuuden edistämiseksi porrastetuissa liittymissä. Liikenneviraston (2014) Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu -ohjeessa porrastettuja liittymiä on sivuttu jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden osalta vain toteamalla, että nelihaararisteys voidaan porrastaa ja syntyneiden kahden kolmihaaraliittymän väliin voidaan sijoittaa alikulku. Myös Tiehallinnon (2001) tasoliittymäohjeessa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden osalta järjestelyinä on mainittu vain alikulku.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on saada edellisiin tutkimuksiin nähden tarkempaa tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta ottaen huomioon myös jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat ja näiden tienkäyttäjryhmien osuus porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksissa. Tutkimuksen tavoitteena on, että etenkin liikennesuunnittelijat saisivat tietoa siitä, miten paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu ja mitkä tekijät niihin vaikuttavat. Tarkoitus on pohtia myös porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisujen vaikutusta, ja miten erilaisilla suunnitteluratkaisuilla voidaan ylipäättään parantaa porrastettujen liittymien turvallisuutta. Lisäksi halutaan tietää, miten paljon henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille ja miten näitä on huomioitu erilaisin suunnitteluratkaisuin.

Tutkimuksen tarkoitus on myös osaltaan herättää miettimään jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden osuutta onnettomuuksissa, ja olisiko näille tienkäyttäjille syytä tehdä enemmän turvallisuutta edistäviä toimenpiteitä porrastetuissa liittymissä. Tutkimuksen tuottamien tulosten perusteella voidaan pohtia, olisiko tasoliittymien suunnitteluohjeita syytä kehittää ja päivittää porrastettujen liittymien osalta. Saatujen tulosten perusteella on tarkoitus määritellä, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä kaikille tienkäyttäjille. Tutkimusta ohjaa päätutkimuskysymys, johon tutkimuksella pyritään löytämään vastaus. Tutkimuksen päätutkimuskysymys on:

1. Millainen on turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä?

Päätutkimuskysymys on laaja, joten siitä on johdettu tarkentavia alatutkimuskysymyksiä. Näin päätutkimuskysymykseen voidaan osaltaan vastata hakemalla vastauksia seuraaviin alatutkimuskysymyksiin:

- 1.1. Kuinka paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu?*
- 1.2. Miten suunnitteluratkaisut vaikuttavat porrastuksen turvallisuuteen?*
- 1.3. Millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille ja miten nämä tienkäyttäjät huomioidaan suunnitteluratkaisuissa?*
- 1.4. Miten porrastettujen liittymien turvallisuutta voidaan edistää?*

Tutkimuksessa tarkastellaan liikenneonnettomuuksia kaikille tienkäyttäjille maanteillä. Erityisenä kiinnostuksen kohteena ovat jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille sattuvat onnettomuudet, koska näiden tienkäyttäjien onnettomuuksista porrastetuissa liittymissä ei ole aikaisempaa tutkittua tietoa Suomessa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkastella pelkästään jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille sattuvia onnettomuuksia, sillä niitä tapahtuu ennakkokäsityksen mukaan verrattain vähän porrastetuissa liittymissä maantieympäristössä. Näin ollen pelkästään niiden tutkiminen maantieympäristössä antaisi todennäköisesti hyvin vähän tuloksia, joista voisi tehdä luotettavaa ja kattavaa analyysia. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa jalankulku-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuudet määriteltiin suojaamattoman liikenteen onnettomuuksiksi. Niin ikään jalankulkijoista, pyöräilijöistä ja mopoilijoista voidaan käyttää nimitystä suojaamattomat tienkäyttäjät (Klang et al. 2015). Nimitystä käytetään myös tässä tutkimuksessa kuvaamaan edellä mainittuja tienkäyttäjiä.

1.3 Tutkimuksen rajaus

Porrastettujen liittymiä tutkitaan maanteiden osalta, sillä perinteisiä maanteiden nelihääralliittymiä pyritään vähentämään ja etsimään turvallisempia ratkaisuja. Liittymän porrastaminen onkin yksi vaihtoehto erityisesti maanteillä. Katuverkolla toimenpidettä hyödynnetään vähemmän, koska tällöin tulee vastaan esimerkiksi liittymän sijoittelu- ja tilaongelmia. Tutkimuksessa tarkastellaan porrastetuissa liittymissä vuosina 2009–2017 tapahtuneita onnettomuuksia maanteiden keskinäisissä muuttumattomina säilyneissä liittymissä. Maanteiden keskinäiset liittymät rajaavat tarkastelusta pois sellaiset liittymät, joissa yksi liittymähaara on katu tai yksityistie. Tutkittavien onnettomuuksien etsiminen perustuu porrastetun liittymään tieosoitetietoihin ja onnettomuuksien sijaintitietoihin. Poliisin ilmoittamat onnettomuuden tapahtumapaikan koordinaatit on kirjattu onnettomuustilastoihin vuodesta 2009 alkaen. Myös tieosoitteisiin on tehty korjauksia ja ne on päivitetty vuodesta 2009 alkaen. Näin ollen luotettavia tietoja onnettomuuksista saadaan hankittua vasta vuodesta 2009 alkaen, joten ennen vuotta 2009 tapahtuneita onnettomuuksia ei tarkastella tässä tutkimuksessa. Onnettomuuksia tarkastellaan vuoteen 2017 asti, sillä tutkimukseen kerättiin onnettomuusdataa syksyllä 2018, jolloin täydellisiä onnettomuustietoja oli saatavilla vuoteen 2017 asti.

Onnettomuudella tarkoitetaan liikenneonnettomuutta, joka voidaan määritellä henkilö- ja/tai omaisuusvahinkoihin johtaneeksi kulkuneuvon liikkumisesta johtuvaksi liikennetapaturmaksi, jossa osallisena on ollut ainakin yksi ajoneuvo. Tässä tutkimuksessa tutkitaan ja analysoidaan liikenneonnettomuuksista vain henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia, jotka käsittävät vakavuudeltaan kuolemaan ja loukkaantumiseen johtaneet onnettomuudet. (Liikennevirasto 2018) Omaisuusvahinkoon johtaneet onnettomuudet eli onnettomuudet, joiden seurauksena kukaan ei ole kuollut tai loukkaantunut on jätetty tarkastelusta pois. Tämä rajaus on tehty siksi, että omaisuusvahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien määrät saattaisivat antaa virheellistä tietoa ja vääristää onnettomuustilastoja,

koska aineellisia vahinkoja ei tilastoida kattavasti. Onnettomuusluokista eläinonnettomuudet on jätetty myös pois tarkastelusta.

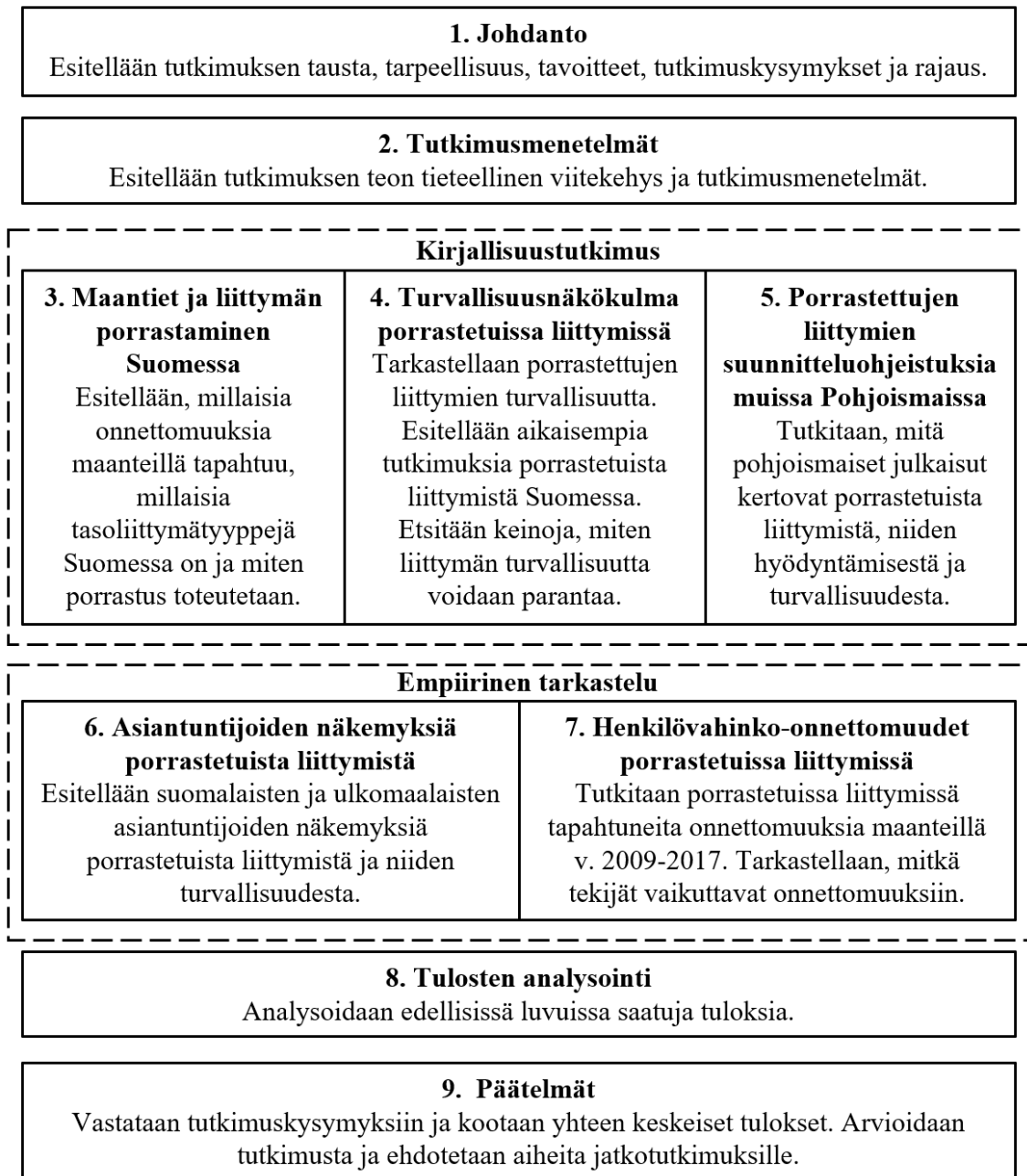
Henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneet onnettomuudet on edelleen mahdollista jakaa vakavuuden perusteella. Tilastokeskus on erotellut onnettomuuksissa loukkaantuneet vakavuuden mukaan lievästi ja vakavasti loukkaantuneisiin vuodesta 2014 alkaen. Tutkimuksessa halutaan kuitenkin tarkastella onnettomuuksia vertailukelpoisesti koko ajanjaksolla 2009–2017, joten jakoa lievästi ja vakavasti loukkaantuneisiin ei tehdä vaan kaikkia loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia käsitellään yhdessä.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksesta voidaan erottaa seuraavat osat: johdanto, tutkimusmenetelmät, kirjallisuustutkimus, empiirinen tarkastelu, tulosten analysointi ja lopuksi päätelmät. Tutkimuksen rakenne on esitetty kuvassa 1.

Työn ensimmäinen osa on johdanto, jossa esitellään tutkittava aihe ja taustat, sekä perustellaan, miksi aiheita on tarpeellista tutkia. Luvussa kaksi esitellään tutkimuksen teon tieteellinen viitekehys ja käytetyt tutkimusmenetelmät. Tutkimuksen kolmannen osan muodostaa kirjallisuustutkimus, joka koostuu luvuista 3–5. Luvussa kolme tarkastellaan yleisellä tasolla, millaisia onnettomuuksia maanteiden tasoliittymissä tapahtuu ja millaisia tasoliittymätyyppejä Suomessa on. Tasoliittymätyypeistä tarkempaan käsittelyyn otetaan tutkimuksen aiheen mukaisesti porrastettu liittymä. Luvussa neljä tutkitaan, mitä kirjallisuus ja aiemmat tutkimukset kertovat porrastetun liittymän turvallisuudesta, ja millaisia tutkimuksia aiheesta on aiemmin tehty Suomessa. Lisäksi tarkastellaan, miten turvallisuutta voidaan edistää liittymissä, erityisesti porrastetuissa liittymissä. Luvussa tarkastellaan, millaisia suunnitteluohjeistuksia muissa Pohjoismaissa on porrastetuista liittymistä. Kirjallisuustutkimus toimii tutkimuksen teoriaosuutena luoden pohjaa tutkimuksen neljännelle osalle eli empiiriselle tarkastelulle.

Tutkimuksen neljäs osa, empiirinen tarkastelu, käsittää luvut kuusi ja seitsemän. Luvussa kuusi esitellään tutkimuksessa toteutettuihin kyselyihin perustuen suomalaisten ja ulkomaalaisten asiantuntijoiden näkemyksiä porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Luvussa seitsemän puolestaan tutkitaan maanteiden porrastetuissa liittymissä tapahtuvia onnettomuuksia kerättyyn onnettomuusdataan perustuen. Tässä yhteydessä tarkastellaan myös porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisuja ja käydään tarkemmin läpi muutamia valittuja liittymiä. Luvussa kahdeksan analysoidaan edellisissä luvuissa saatavia tutkimustuloksia. Luvun kahdeksan otsikot on jaettu ikään kuin alatutkimuskysymysten mukaan, sillä poikkeuksella, että luvun viimeisessä luvussa 8.5 verrataan tuloksia porrastetuista liittymistä tehtyihin aiempiin tutkimuksiin Suomessa.



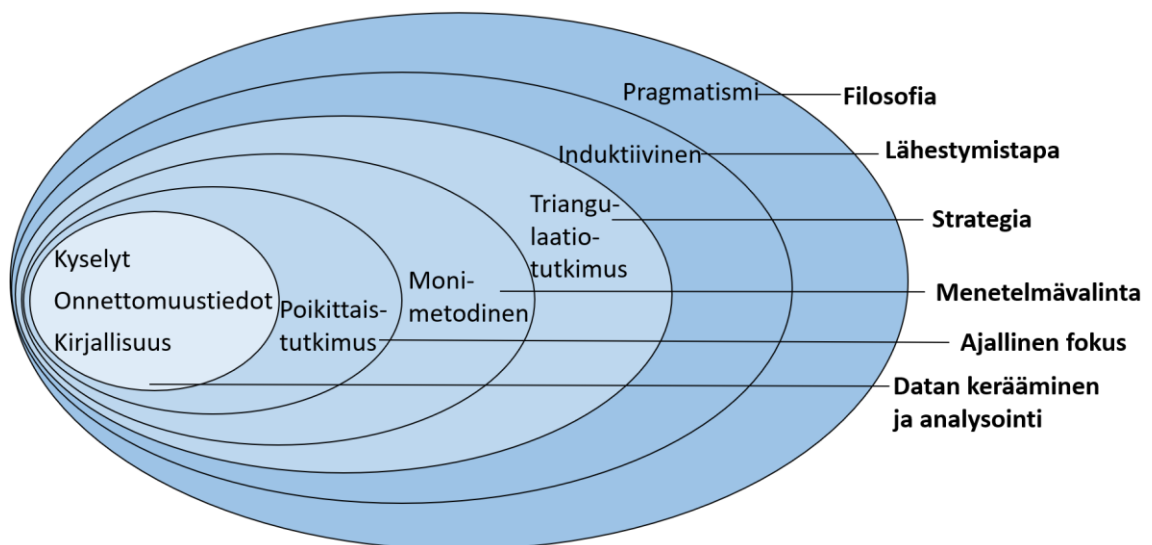
Kuva 1. Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen viimeisessä osassa, päätelmät, vastataan tutkimuskysymyksiin kooten yhteen tutkimuksen keskeiset tulokset. Lisäksi arvioidaan tehtyä tutkimusta ja ehdotetaan tutkimuksen aikana esiin nousseita mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat

Jokaisen tutkimuksen pohjalla voidaan nähdä olevan joku tieteenfilosofinen oletus, jonka kautta voidaan luonnehtia tutkimuksen lähestymistapaa ja strategiaa (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009). Yhdessä nämä muodostavat tutkimuksen teolle tieteellisen viitekehysten, jota voidaan kuvata esimerkiksi Saundersin et al. (2009) esittämällä sipulimallilla. Sipulin uloin kehä edustaa tutkimusfilosofiaa. Mitä syvemmälle sipulin kerroksissa mennään, sitä lähempänä ollaan konkretiaa. Lopulta päästään siihen, miten tutkimuksessa kerätään tietoa ja miten sitä analysoidaan. Tutkimuksen metodologiset valinnat on esitetty kuvassa 2 hyödyntäen Saundersin et al. (2009) tapaan sipulimallilla. Seuraavaksi käydään läpi tarkemmin tutkimuksen teoreettinen viitekehys edeten sipulin uloimmalta kuorelta sisäosaan.



Kuva 2. Tutkimuksen metodologiset valinnat (muokattu lähteestä Saunders et al. 2009, s. 108).

Tutkimusfilosofia

Tämän tutkimuksen tutkimusfilosofiana voidaan pitää pragmatismia. Pragmatismi tarjoaa tutkimukselle moniulotteisen näkökulman yhdistäen erilaisia aineistoja. Pragmatismissa tutkimusmenetelmät valitaan sen mukaan, miten saadaan parhaiten vastaus tutkimuskysymykseen. Tutkimuksessa käytetään tyypillisesti kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä molempia ja aineistoa kerätään eri tekniikoilla (Saunders et al. 2009). Koska tutkimuksessa käytetään useita tiedonkeruumenetelmiä ja monenlaista tutkimusaineistoa, kuten kirjallisuuslähteitä, kyselyvastauksia ja onnettomuusdataa, sopii pragma-

tisminen tutkimusfilosofia hyvin tähän tutkimukseen. Pragmaattisessa tutkimusfilosofiassa voidaan yhdistää objektiivisia ja subjektiivisia merkityksiä riippuen tutkimusongelmasta (Saunders et al. 2009). Käytännössä esimerkiksi onnettomuusdatan analysointi edustaa objektiivista lähestymistapaa, kun tarkastellaan tilastollista faktatietoa. Toisaalta kyselyvastauksien kautta aiheeseen aihetta lähestytään myös osin subjektiivisesti huomioiden asiantuntijoiden kokemuksiin perustuvia mielipiteitä ja näkemyksiä aiheesta.

Lähestymistapa

Tutkimuksen suhteesta teoriaan voidaan erottaa kaksi lähestymistapaa: induktiivinen ja deduktiivinen. Deduktiivinen lähestymistapa lähtee teoriasta, jonka paikkansapitävyyttä testataan. Induktiivinen lähestymistapa puolestaan lähtee aineistosta ja havainnoista, joiden perusteella rakennetaan päätelmiä. (Olkkonen 1994, Saunders et al. 2009) Lähestymistapa tälle tutkimukselle on induktiivinen. Tutkimuksessa tutkitaan paljon sellaisia tietoja porrastetuista liittymistä, joita ei ole aiemmin tutkittu. Tällaisia ovat esimerkiksi porrastetuissa liittymissä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien tyypit, suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä sekä porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisut ja niiden vaikutukset turvallisuuteen. Tutkimuksen tarkoitus on luoda uutta tietoa porrastusten turvallisuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä empiiristen havaintojen pohjalta. Induktiiviselle lähestymistavalle on tyypillistä, että tutkimus etenee havainnoista ja päättelystä ennustuksiin, yleistyksiin ja uuden teorian luomiseen (Olkkonen 1994, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007). Induktiivinen tutkimusprosessi on monesti iteroituva ja tutkimuskysymykset voivat myös muuttua matkan varrella (Saunders et al. 2009). Myös tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset tarkentuivat työn aikana hieman alkuperäisistä.

Tutkimusstrategia

Tutkimusstrategia on käsitteenä laaja ja menetelmäkirjallisuudessa sille annetaan erilaisia määritelmiä. Käsitettä voidaan lähestyä joko yleisemmällä tasolla tai yksityiskohtaisemmin tutkimusmenetelmiä tarkastellen. Yhteistä määritelmille on, että tutkimusstrategia antaa suuntaviivat tutkimuksen toteutukselle ja ohjaa menetelmien valintaa. (Hirsjärvi et al. 2009, Jyväskylän yliopisto 2014, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007) Tutkimusstrategia voidaan määritellä esimerkiksi tutkimuksen menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuudeksi, joka kertoo, miten tutkimus toteutetaan käytännössä (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009).

Hirsjärven et al. (2009) mukaan tutkimusstrategiat jaetaan tavallisesti kolmeen tyyppiin: kokeellinen tutkimus, survey-tutkimus ja tapaustutkimus. Survey-tutkimuksessa kerätään tyypillisesti tietoa joukolta ihmisiä ja tutkimusmenetelmiä ovat kyselyt ja haastattelut (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009). Tässä tutkimuksessa yhtenä tutkimusmenetelmänä käytetään asiantuntijoille kohdistettuja kyselyitä, joten tältä osin tutkimusstrategiaksi tähän tutkimukseen sopisi esimerkiksi survey-tutkimus. Kuitenkin kyselyt ovat

vain osa tutkimusta, sillä tutkimuksessa käytetään muitakin aineiston keruumenetelmiä. Tutkimuksessa toteutetaan myös kirjallisuustutkimus ja analysoidaan onnettomuusdataa. Näin ollen survey-tutkimus strategiana ei pysty kattamaan koko tutkimusta. Koska tutkimusta lähestytään pragmaattisen tutkimusfilosofian mukaan moniulotteisesti, ei tutkimusstrategiaksi tarvitse valita pelkästään yhtä edellä mainituista strategioista.

Tutkimusstrategia voidaan määritellä myös yleisemmällä tasolla perustuen tutkittavien asioiden luonteeseen. Tuomi (2007) määrittelee kolme tutkimusstrategiaa: kvantitatiivinen tutkimus, kvalitatiivinen tutkimus ja edellisten yhdistelmä. Kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen avulla selvitetään lukumääriin liittyviä kysymyksiä (Saunders et al. 2009, Tuomi 2007). Kvantitatiivisella tutkimuksella voidaan kuvata tutkittavan ilmiön rakennetta. Lisäksi voidaan kuvata eri muuttujien välisiä riippuvuuksia tai muuttujissa tapahtuneita määriin perustuvia muutoksia. (Tuomi 2007) Kvantitatiiviselle tutkimukselle tyypillisiä piirteitä ovat muun muassa johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemat teoriat, hypoteesien esittely, käsitteiden määrittely ja aineiston keruu numeeriseen mittaamiseen sopivalla tavalla (Hirsjärvi et al. 2009). Tuomen (2007) mukaan yleisellä tasaolla kvalitatiivisella eli laadullisella tutkimuksella voidaan tarkoittaa kaikkea empiiristä tutkimusta, joka ei ole määrällistä. Kvalitatiivinen tutkimus ymmärretään useimmiten metodiseksi kokonaisuudeksi, jossa aineiston keruuta ei ole syytä erottaa aineiston analyysistä. Kvalitatiivisen tutkimuksen tyypillisiä piirteitä ovat kokonaisvaltainen tiedonhaku ja kerätyn tiedon liittyminen ihmisten tuottamiin merkityksiin. Tietolähteet valitaan tarkoituksenmukaisesti ja tulokset ovat yleensä ainutlaatuisia koskien vain tekeillä olevaa tutkimusta. (Tuomi 2007)

Usein kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimuksia on hankala erottaa toisistaan, jolloin ne nähdään toisiaan täydentävinä lähestymistapoina, ei kilpailevina suuntauksina (Hirsjärvi et al. 2009). Saunders et al. (2009) muistuttavatkin, ettei tutkimusstrategioita tule ajatella erillisinä kokonaisuuksia, vaan niitä voidaan yhdistellä samassa tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa on sekä määrällisiä että laadullisia piirteitä, joten tutkimusstrategiaksi sopii kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimuksen yhdistelmä, josta voidaan käyttää nimeä triangulaatiotutkimus (Hirsjärvi et al. 2009, Tuomi 2007).

Menetelmävalinnat

Tutkimuksen teoriaosuudessaan aihetta tutkitaan kirjallisuustutkimuksen kautta. Salmisen (2001) mukaan kirjallisuustutkimus tutkimusmenetelmänä edustaa kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen metodien yhdistelmää. Tutkimuksen empiriaosuudessa yhdistetään kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Tutkimuksessa kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusaineistoa edustaa tietokannoista kerättävä onnettomuusdata ja kvalitatiivista eli laadullista tutkimusaineistoa kyselyjen kautta saatavat asiantuntijoiden näkemykset porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Menetelmävalinnalla kuvataan, kuinka tutkimus yhdistää määrällisiä ja laadullisia tekniikoita (Saunders et al. 2009). Koska tutkimuksessa yhdistetään kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä,

edustaa tämä tutkimus Saundersin et al. (2009) kuvaamaa useampaa kuin yhtä tiedonkeruumenetelmää hyödyntävää monimetodista tutkimusta. Monimetodinen tutkimus voi tarjota parempia mahdollisuuksia vastata tutkimuskysymykseen ja arvioida tulosten luotettavuutta verrattuna siihen, että tutkimuksessa sovellettaisiin vain yhtä tutkimusmenetelmää (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007).

Ajallinen fokus

Tutkimus on ajalliselta luonteeltaan poikittaistutkimus. Poikittaistutkimukset ovat yksityiskohtaisia tiettyyn rajalliseen ajanhetkeen sijoittuvia tarkasteluja, joissa tutkitaan jotakin ilmiötä (Jensen & Rodgers 2001, Saunders et al. 2009). Tässä tutkimuksessa tutkitaan ilmiönä porrastettujen liittymien turvallisuutta ja tarkastelut sijoittuvat rajalliseen ajan hetkeen aikavälille vuosiin 2009–2017.

Datan kerääminen ja analysointi

Kvantitatiivisin menetelmin saatujen tulosten ymmärtäminen ja oikea tulkinta edellyttävät tutkimuskohteen tuntemista ja peilaamista teoriaan (Alkula et al. 2002, Tuomi 2007). Kirjallisuustutkimuksen avulla saadaan tietoa porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien ja aiheita käsittelevien kyselyvastausten analysoinnin tueksi. Kirjallisuustutkimuksessa kootaan aiempien tutkimuksen ja julkaisujen tuloksia, jotka ovat Salmisen (2011) mukaan perustana uusille tutkimustuloksille. Kyselyvastaukset edustavat kvalitatiivista eli laadullista aineistoa, jolle on tyypillistä kerätyn datan epästandardisuus. Laadullisen aineiston ymmärrys syntyy tyypillisesti tulkitsemalla sanoja ja luokittelemalla kerätty data eri kategorioihin. (Eriksson & Kovalainen 2008, Saunders et al. 2009) Tämän tutkimuksen kvalitatiivista aineistoa edustavat asiantuntijoiden kyselyvastauksista. Onnettomuustiedot edustavat kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusaineistoa, jolle tyypillistä on, että data on numeerista ja standardoitua, ja että ymmärrys syntyy numeroiden kautta (Saunders et al. 2009). Dataa kerätään Väyläviraston tietokannoista. Tutkimustuloksia analysoidaan ja niistä tehdään johtopäätöksiä teoriaosuudesta saatavia tietoja hyödyntäen.

Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät ja niiden valinta esitellään seuraavaksi. Työn teoriaosuuden eli kirjallisuustutkimuksen toteutus on kuvattu tarkemmin, empiria osuus tässä kohtaa lyhyesti. Empirian eli kyselyjen ja onnettomuustietojen käsittelyn toteutus ja niistä saatavien tietojen analysointi on kuvattu tarkemmin teoriaosuuden jälkeen luvuissa 6 ja 7. Teoriaosuus antaa pohjan empiriaosuudessa esiintyvien käsitteiden ja aiheiden ymmärtämiseen.

2.2 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuustutkimus toimii tutkimuksen teoriaosana, jossa hyödynnetään aikaisempaa tutkimustietoa kuten artikkeleita ja muita julkaisuja. Aikaisempaan tutkimukseen perehtyminen auttaa tutkijaa hahmottamaan tutkittavaa ilmiötä kokonaisuutena (Hirsjärvi et al. 2009, Soininen 1995). Kirjallisuustutkimuksessa tutustuttiin tutkittavaan aiheeseen ja tutkittiin mitä suomalaiset ja ulkomaalaiset julkaisut kertovat porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Näin saatiin kuva siitä, mitä tutkittavasta aiheesta tiedettiin ja oli aiemmin tutkittu. Tutkimuksen kirjallisuustutkimus luokan pohjaa tutkimuksen varsinaiselle empirialle eli kyselyille ja onnettomuustietojen keräämiselle ja tarkastelulle.

Kirjallisuustutkimuksen aineistona käytettiin pääosin tieteellisiä julkaisuja, artikkeleita, aikaisempia tutkimuksia, suunnitteluohjeita ja kirjoja. Esimerkiksi suunnitteluohjeista saatiin tietoa eri maiden käyttämistä ohjeistuksista porrastettujen liittymien toteutukseen. Suomessa tasoliittymäohjeessa (Tiehallinto 2001) esitetään suunnitteluohjeet erilaisille tasoliittymätyypeille, myös porrastetulle liittymälle. Muiden maiden käytänteitä porrastettuihin liittymiin esitellään vastaavasti kyseisten maiden suunnitteluohjeissa ja säädöksissä. Esimerkiksi Pohjoismaista Ruotsin tieviranomaisen Vägverketin (2004) suunnitteluohjeissa ja Tanskan vastaavan viranomaisen Vejdirektoratetin (2012) käsikirjoissa käsitellään porrastettuja liittymiä. Myös norjalaisessa Elvikin et al. (2009) tekemässä liikenneturvallisuuskäsikirjasta on tutkimuksen kannalta käyttökelpoista tietoa nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutuksista onnettomuuksiin. Suomessa porrastettujen liittymien turvallisuutta ovat tutkineet aiemmin Kulmala (1995) väitöskirjassaan ja Peltola ja Malin (2016) tutkimuksessa Maanteiden tasoliittymien turvallisuus. Suomessa tehdyt aikaisemmat tutkimukset ovat merkittävässä roolissa, sillä tutkimuksen on tarkoitus täydentää aiemmin tehtyjä tutkimuksia ja näin tuoda osaltaan uutta ja päivitettyä tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta.

Koska aiheesta oli saatavissa melko suppeasti tietoa, kirjallisuustutkimuksessa hyödynnettiin kattavasti eri tietokantoja. Aineistoa haettiin käyttäen tietokantoja Google Scholaria ja Tampereen yliopiston kirjaston ylläpitämää Andoria. Haussa hyödynnettiin myös soveltuvien osien Googlen perushakua, koska tätä kautta päästiin käsiksi muun muassa verkkosivuille, joissa on suomalaisten tai kansainvälisten instituutioiden suunnitteluohjeita ja muita julkaisuja aiheeseen liittyen. Painettuja kirjoja tutkimukseen saatiin Tampereen yliopiston kirjastosta, Tampereen kaupungin kirjastosta ja Väyläviraston omasta kirjastosta. Aineistoa on haettu muun muassa seuraavia hakusanoja ja niiden yhdistelmiä käyttäen:

- *tasoliittymä, at-grade junction*
- *kolmihaaraliittymä, T-liittymä, T-junction, three-leg intersection, three-legged intersection, three-way junction*

- *nelihaaraliittymä, X-liittymä, X-junction, intersection with four approaches, crossroads, conventional intersection, four-leg intersection, four-legged intersection, four-way junction*
- *porrastettu liittymä, staggered junction, staggered intersection, offset intersection, offset t-intersection, förskjuten korsning (se), forskjøvne T-kryss (no), forsatte (vej)kryds (dk).*
- *liikenneturvallisuus, traffic safety, safety of traffic, road safety. subjective safety, objective safety*
- *suojaamaton liikenne, kevyt liikenne, vulnerable road user*

Hakusanat- ja lausekkeet kohdistettiin pääasiassa lähdeaineiston otsikkoon, avainsanoihin ja tiivistelmään. Lähteistä tutkittiin ensin tiivistelmät ja mikäli tämä vaikutti työn kannalta hyödylliseltä, tutustuttiin lähteeseen tarkemmin. Valituista lähteistä kartoitettiin ensin niiden keskeisimpiä näkökulmia ja sisältöä tekemällä muistiinpanoja, jotta pystyttiin varmistumaan aineiston sopivuudesta juuri tämän tutkimuksen lähteeksi. Lähdemateriaalien etsimisessä hyödynnettiin myös jo löydettyjen julkaisujen niitä lähteitä, jotka vastasivat hyvin tutkimuksen tarpeisiin.

2.3 Asiantuntijakyselyt

Aikaisemmat tutkimukset porrastetuista liittymistä ovat perustuneet kvantitatiiviseen onnettomuusdatan analysointiin. Tässä tutkimuksessa haluttiin paitsi tutkia onnettomuusdataa tarkemmin, myös tuoda myös uusia näkökulmia aiheeseen toisenlaisella tutkimusmenetelmällä kvalitatiivista lähestymistapaa käyttäen. Tutkimuksessa haluttiin kuulla asiantuntijoiden mielipiteitä ja näkemyksiä aiheesta. Asiantuntijoilta on mahdollista saada asiasta sellaista käytännön näkemystä, jota ei onnettomuustietoja tutkimalla saa. Esimerkiksi, vaikka onnettomuustilastojen perusteella näyttäisi, ettei suojaamattomille tienkäyttäjille satu juurikaan onnettomuuksia, voivat tienkäyttäjät silti kokea porrastetut liittymät vaarallisiksi. Tämä ei näy tilastoissa, mutta asiantuntijoille tullessa palautteissa se voi nousta esiin. Alastalon et al. (2017) mukaan asiantuntijoiden näkemysten kautta voidaan hahmottaa erilaisia ilmiöitä tai päästä selville asioiden tilasta. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena voi olla tuottaa uutta tietoa asiantuntijoiden erityistietämystä hyödyntäen. Asiantuntijoina voidaan pitää henkilöitä, joilla on sellaista erityistä tietoa tutkittavasta asiasta, jota on vain hyvin harvoilla. Asiantuntijuus voi olla tiede-, ammatti- tai instituutioperusteista ja asiantuntemusta on voinut karttua esimerkiksi työtehtävien myötä. (Alastalo et al. 2017)

Asiantuntijoiden näkemysten selvittämiseksi päädyttiin tutkimusmenetelmänä kyselyyn. Tutkimuksessa tehtiin kysely porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta sekä suomalaisille että ulkomaalaisille asiantuntijoille. Kysely on tiedonkeruumenetelmä, jossa useat henkilöt vastaavat samoihin kysymyksiin yhdenmukaisen kysymyksenasettelun perusteella (Saunders et al. 2009). Menetelmänä olisi voinut olla myös haastattelu,

sillä kyselyt ja haastattelut sopivat molemmat tiedonhankintatavoiksi silloin, kun tarkoituksena on selvittää ihmisten kokemuksia, tietoja, asenteita tai muita näkemyksiä tutkitavasta aiheesta (Preece et al. 2002, Routio 2005, Soininen 1995). Koska asiantuntijoiden näkemyksiä kerättiin tässä tutkimuksessa sähköpostin kautta, määräytyi tutkimusmenetelmäksi kysely. Kyselystä puuttuu haastattelun mahdollistama kielellinen vuorovaikutus (Tuomi 2007) sekä mahdollisuus tarkkailla vastaajan oheisviestintää ja ympäristöä (Preece et al. 2002, Routio 2005). Kyselyjen toteutus ja analysointi on kuvattu tarkemmin luvussa 6.1.

2.4 Onnettomuustiedot

Onnettomuustietojen tutkiminen on tärkeää, jotta saadaan tietoa porrastettujen liittymien todellisesta turvallisuuden tilasta. Maailman tieyhdistyksen (PIARC 2003) liikenneturvallisuuskäsikirjan mukaan onnettomuusdatan analysoiminen on olennainen osa liikenneturvallisuuden tutkimista. Onnettomuusdatan kautta voidaan ymmärtää paremmin tienkäyttäjien kokemia ongelmia tutkittavalla osa-alueella. Tuloksena analysoijat voivat ehdottaa esiintyviin ongelmiin sopivia ratkaisuja, jotka auttavat vähentämään vastaavia onnettomuuksia tulevaisuudessa. (PIARC 2003)

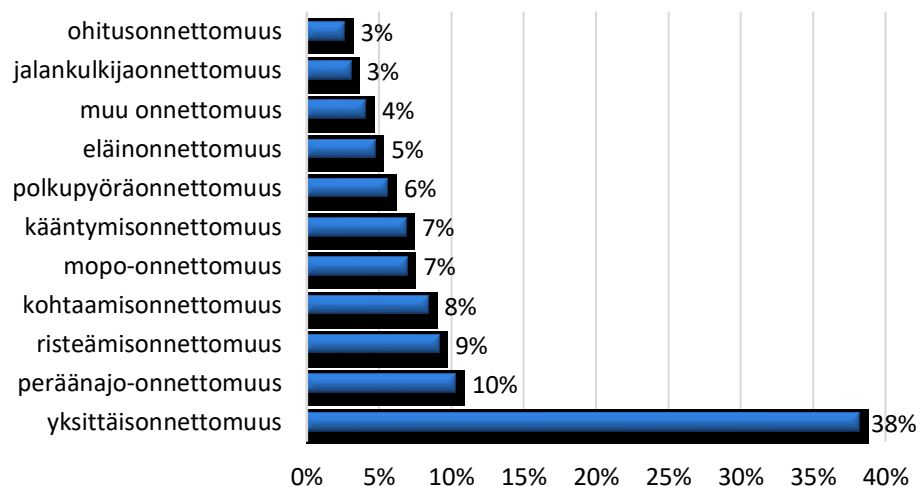
Onnettomuusdataa kerättiin, jotta voitiin saada tietoa porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista ja liittymien turvallisuudesta. Pelkän kirjallisuustutkimuksen ja asiantuntijakyselyjen perusteella porrastettujen liittymien turvallisuuden tilasta ei olisi ollut mahdollista saada todellista käsitystä. Onnettomuustietojen käsittely ja analysointi on kuvattu tarkemmin luvussa 7.1.

3. MAANTIET JA LIITTYMÄN PORRASTAMINEN SUOMESSA

3.1 Maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet

Suomen tieverkko koostuu maanteistä, kunnallisista katuverkoista ja yksityisteistä. Valtion omistamat maantiet muodostavat tieverkon rungon. Ne luokitellaan liikenteellisen merkityksen mukaisesti valta-, kanta-, seutu- ja yhdysteihin. Valtateiden tarkoitus on palvella valtakunnallista ja maakuntien välistä pitkän matkan liikennettä. Kantatiet puolestaan täydentävät valtateistä muodostuvaa verkkoa ja palvelevat maakuntien liikennettä. Valta- ja kantatiet muodostavat yhdessä päätiät. Seututiet palvelevat nimensä mukaisesti seutukuntien liikennettä ja liittävät niitä edelleen päätieverkkoon eli valta- ja kantateihin. Muut maantiet ovat yhdysteitä. (Maantielaki 503/2005)

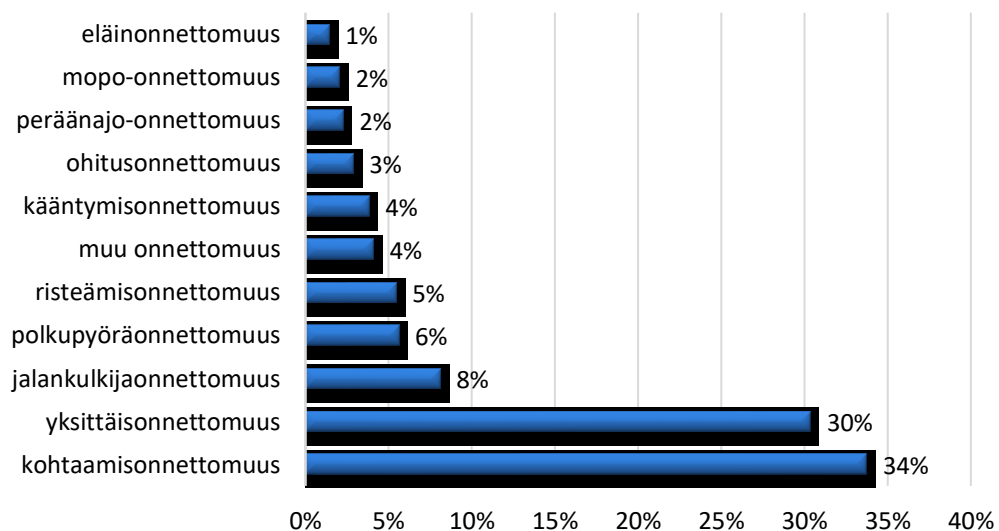
Tieliikennekuolemista merkittävin osa, lähes kolme neljäsosaa, tapahtuu vuosittain maanteillä. Maanteillä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien osuus on hieman yli puolet kaikista tieliikenteessä tapahtuvista henkilövahinko-onnettomuuksista. Esimerkiksi vuonna 2017 maanteillä sattui yhteensä 2348 henkilövahinko-onnettomuutta, joista 148 johti kuolemaan ja 2200 loukkaantumiseen (Liikennevirasto 2018). Kuvassa 3 on esitetty henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet kaikista maanteillä tapahtuvista henkilövahinko-onnettomuuksista vuosina 2009–2017. Maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista suurin osa on yksittäisonnettomuuksia (38 %).



Kuva 3. Maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet vuosina 2009–2017 (onnettomuustiedot Tiirasta).

Suurin osa henkilövahinko-onnettomuuksista on ajoneuvoliikenteen onnettomuuksia (kuva 3). Termiä ajoneuvoliikenteen onnettomuudet käytetään tässä yhteydessä ja jatkossa kuvaamaan kaikkia muita kuin suojaamattomille tienkäyttäjille (jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat) tapahtuneita onnettomuuksia. Polkupyörä-, mopo- ja erityisesti jalankulkijaonnettomuuksia tapahtuu selkeästi vähemmän. Kuitenkin tarkasteltaessa kaikkia edellä mainittuja onnettomuusluokkia eli suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvia onnettomuuksia kokonaisuutena havaitaan suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvien onnettomuuksien osuuden olevan toiseksi yleisin onnettomuusluokka, 16 % kaikista maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista. (kuva 3)

Kuvassa 4 on esitetty kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusluokat ja niiden keskimääräiset osuudet kaikista maanteillä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista. Maanteiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien yleisimmät onnettomuusluokat ovat kohtaamisonnettomuudet (34 %) ja kuvan 3 tapaan yksittäisonnettomuudet (30 %).



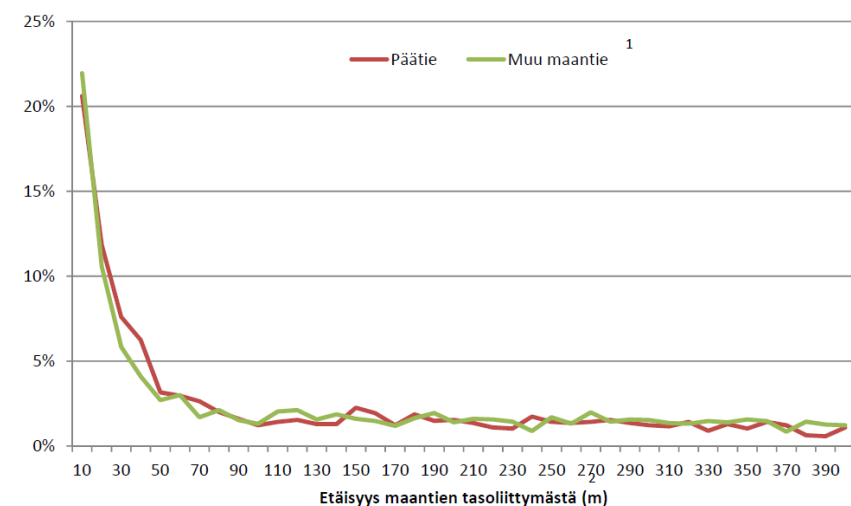
Kuva 4. Maanteiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet vuosina 2009–2017 (onnettomuustiedot Tiirasta).

Kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa jalankulkija- ja polkupyöräonnettomuudet ovat yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksien jälkeen seuraavaksi yleisimpiä (kuva 4). Tämä selittyy paljolti suojaamattomien tienkäyttäjien autoilijoita suuremmalla todennäköisyydellä loukkaantua vakavasti, jolloin myös kuolemanriski on suurempi. Vakavuus johtuu suojaamattomien tienkäyttäjien suojattomuudesta (Kulmala 1992). Suojaamattomilla tienkäyttäjillä ei ole moottoriajoneuvojen tapaan fyysistä ulkoista suojaa, joka vähentäisi onnettomuuden seurauksia (ECMT 2000). Yhteneviä tuloksia henkilövahinko-onnettomuuksista maanteillä saatiin myös Peltolan ja Rajamäen (2004) vuonna 2004 tehdyssä tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin maanteiden liikenneturvallisuutta vuosina 1997–2001.

3.2 Tasoliittymien henkilövahinko-onnettomuudet

Tasoliittymäohjeessa liittymä määritellään kahden tai useamman tien kohtaamispaikaksi, jossa siirtyminen tieltä toiselle on mahdollista (Tiehallinto 2001). Vuosina 2003–2008 poliisi kirjasi kaikista maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista 36,7 % tapahtuneeksi liittymissä. Sen sijaan vuosina 2004–2014 vastaava osuus oli enää 30,5 %. Lukujen perusteella liittymäonnettomuuksien osuus henkilövahinko-onnettomuuksista on vähentynyt, joskaan syytä tälle ei tiedetä. (Peltola & Malin 2016) Tulos on kuitenkin samansuuntainen vuonna 2004 tehdyn tutkimuksen kanssa, jonka perusteella kolmasosa maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista tapahtuu liittymissä (Peltola & Rajamäki 2004).

Liittymät ovat tieverkon riskialtimpia paikkoja (Elvik et al. 2009, Kulmala 1995). Liittymätoimintojen voidaan ajatella aiheuttavan onnettomuuksien lisääntymistä (Peltola & Malin 2016), sillä liittymissä on konfliktipisteiden vuoksi suurempi onnettomuusriski kuin muulla tieosalla (Tiehallinto 2002). Konfliktipiste on piste, jossa kahden kääntyvän tai suoraan menevän ajoneuvon suunnat kohtaavat, eroavat tai risteävät (Tiehallinto 2001). Alle 50 metrin päässä maantien tasoliittymästä tapahtuu selkeästi enemmän onnettomuuksia tiepituutta kohti kuin sitä kauempana maantiellä (Peltola & Malin 2016). Tämä on havainnollistettu kuvassa 5, jossa on esitetty henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen lähimmästä maantieliittymästä lasketun etäisyyden mukaan pääteillä (valta- ja kantatiet) ja muilla maanteilla. Tarkastelussa ovat mukana vain enintään 400 metrin etäisyydellä maantieliittymästä tapahtuneet maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet vuosilta 2011–2014 ilman eläinonnettomuuksia (Peltola & Malin 2016).



¹Seutu- ja yhdystiet

²10 tarkoittaa alle 10 metriä, 20 tarkoittaa 10–20 metriä jne.

Kuva 5. Henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen (%) lähimmästä maantieliittymästä lasketun etäisyyden mukaan tieluokittain vuosina 2011–2014 (Peltola & Malin 2016).

Liittymäonnettomuuksille on eri määritelmiä sen mukaan, kuinka monta metriä liittymän keskipisteestä liittymäalueen ajatellaan päättyvän. Onnettomuuksista voidaan myös karsia pois sellaiset onnettomuudet, jotka eivät vaikuta liittyvän tarkasteltuun liittymään, mutta ovat tapahtuneet liittymäalueella (Peltola & Malin 2016). Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa liittymäonnettomuudeksi tulkittiin henkilövahinkoon johtanut muu kuin eläinonnettomuus, joka on tapahtunut enintään 100 metrin etäisyydellä taajamassa olevasta liittymästä tai enintään 200 metrin etäisyydellä taajaman ulkopuolella olevasta liittymästä. Tämän määritelmän perusteella tasoliittymäonnettomuuksien osuus on vähintään 15 % maanteiden onnettomuuksista. (Peltola & Malin 2016)

Eri onnettomuusluokkien välillä on kuitenkin paljon eroja siinä, miten paljon nämä keskittyvät liittymiin. Kääntymis-, risteämis-, peräänajo-, mopo-, polkupyörä- ja jalankulki- ja onnettomuudet ovat tyypillisiä onnettomuusluokkia liittymissä. Muista onnettomuusluokista yksittäisonnettomuuksia tapahtuu eniten. (Peltola & Malin 2016) Taulukossa 1 on esitetty erilaisten onnettomuuksien määrä maantieliittymässä sekä prosentuaalinen lisäys onnettomuusmäärään etäisyyden kasvaessa.

Taulukko 1. Erilaisten onnettomuuksien määrä (N) enintään 30 metrin etäisyydellä maantieliittymästä vuosina 2011–2014 sekä prosentuaalinen lisäys onnettomuusmäärään etäisyyden kasvaessa (muokattu lähteestä Peltola & Malin 2016).

		Liittymäalueen pituus				
		40 m	50 m	100 m	150 m	200 m
Tyypilliset liittymäonnettomuusluokat¹	Kääntyminen (N=279)	10 %	14 %	24 %	32 %	39 %
	Risteäminen (N=512)	7 %	13 %	22 %	28 %	34 %
	Peräänajo (N=251)	15 %	23 %	53 %	79 %	102 %
	Mopo (N=235)	16 %	25 %	43 %	70 %	88 %
	Polkupyörä (N=210)	11 %	15 %	36 %	59 %	79 %
	Jalankulkija (N=90)	18 %	26 %	66 %	100 %	137 %
Muut onnettomuusluokat	Yksittäis (N=440)	23 %	35 %	100 %	146 %	203 %
	Ohitus (N=35)	6 %	17 %	56 %	72 %	94 %
	Kohtaamis (N=90)	7 %	15 %	100 %	174 %	233 %
	Muu (N=88)	14 %	26 %	66 %	94 %	151 %

¹Onnettomuusluokat, joiden onnettomuudet Tarvassa ja IVARissa siirretään liittymään 30 m säteeltä sen keskipisteestä. Taulukon 1 tarkastelussa ei ole mukana eläinonnettomuuksia.

Taulukon 1 mukaan 30 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä tapahtuu eniten yksittäisonnettomuuksia (N=440) ja risteämisonnettomuuksia (N=512). Toiseksi eniten tapahtuu peräänajo-onnettomuuksia ja mopo-onnettomuuksia. Mentäessä 200 metrin etäisyydelle liittymän keskipisteestä jalankulkija-, peräänajo-, yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksien määrä kasvaa prosentuaalisesti kaikkein eniten. Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvien onnettomuuksien osuus liittymäonnettomuuksista on merkittävä. Esi-merkiksi enintään 30 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä jalankulkija-, polkupyörä- ja mopedionnettomuuksia tapahtuu kokonaismäärältään kaikkein eniten (N=535).

Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvien onnettomuuksien merkittävä määrä liittymissä heijastuneekin myös kaikkien maantiellä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien tilastoihin, joissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet onnettomuudet kokonaisuutena oli toiseksi yleisin onnettomuusluokka (kuva 3).

Peltolan ja Malinin (2016) mukaan tasoliittymien onnettomuusmäärään keskeisesti vaikuttavat tekijät ovat liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä ja liittymätyyppi. Erityisesti sivutieltä saapuvien autojen osuuden kasvun nähdään lisäävän henkilövahinko-onnettomuuksien riskiä (Peltola & Malin 2016). Tasoliittymien turvallisuuden voidaan ajatella riippuvan liittymän tyypistä, koska eri tasoliittymätyypeillä on eri määrä konfliktipisteitä. Konfliktipisteiden määrä kuvastaa onnettomuusriskiä, joten konfliktipisteitä vähentämällä voidaan edistää turvallisuutta. (Tiehallinto 2002) Käytännössä tämä tarkoittaa tasoliittymätyypin vaihtamista liittymätyyppiin, jossa konfliktipisteitä on vähemmän. Liittymätyyppiä valitessa tulee ottaa huomioon paitsi liikenneturvallisuus myös teiden toiminnallinen ja liikenteellinen merkitys, liikennemäärät ja paikalliset olosuhteet (Tiehallinto 2001).

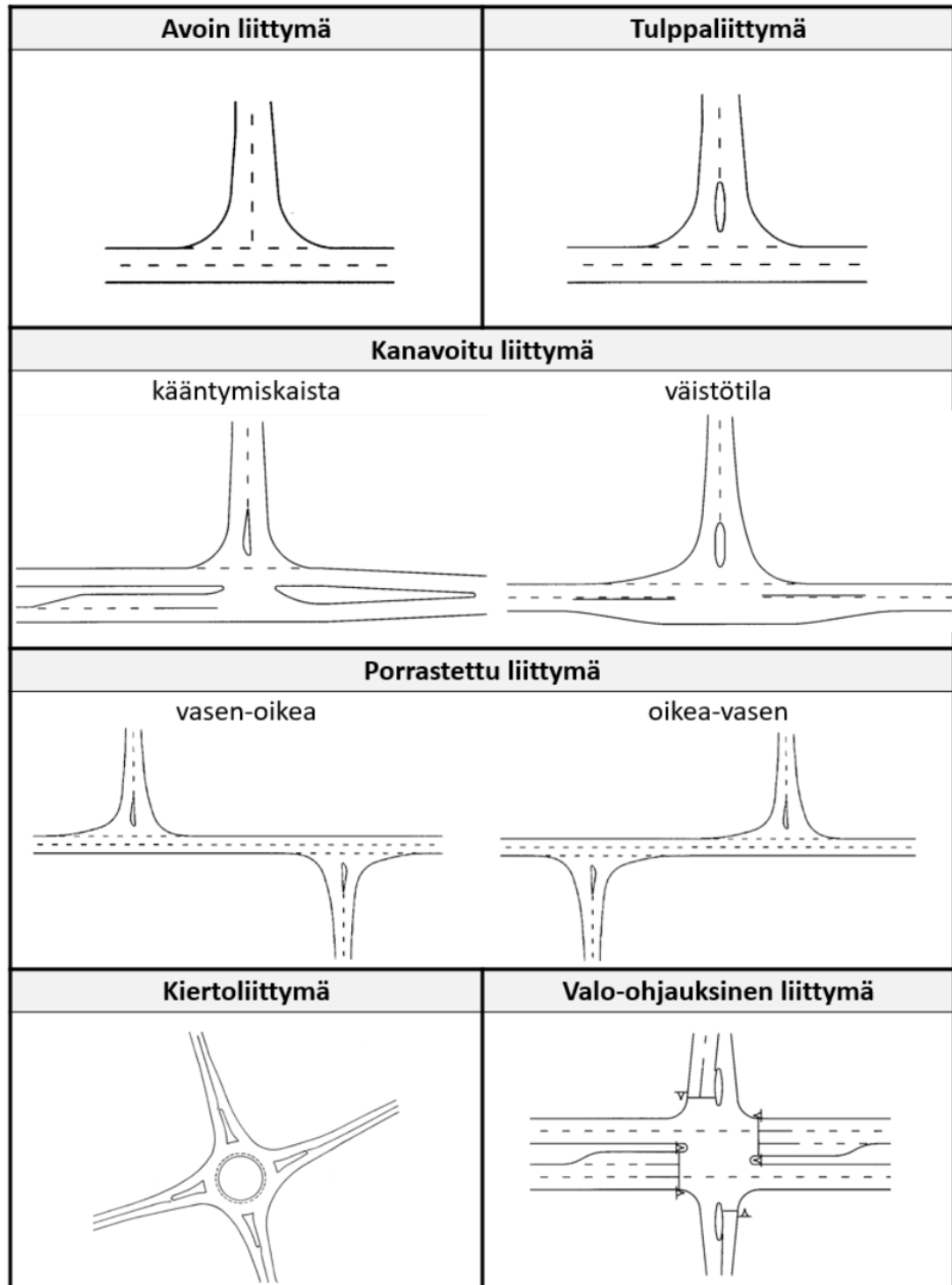
3.3 Tasoliittymätyypit

Tasoliittymät voidaan luokitella niiden liittymähaarojen mukaisesti nelihaaraliittymäksi eli X-liittymäksi ja kolmihaaraliittymäksi eli T-liittymäksi. Nelihaaraliittymän konfliktipisteiden määrä on 32 ja kolmihaaraliittymän yhdeksän. Turvallisuuden kannalta ongelmallisimpina konfliktipisteinä voidaan pitää risteävien liikennevirtojen välisiä pisteitä, joita nelihaaraliittymässä on 16 ja kolmihaaraliittymässä kolme. (Tiehallinto 2002) Tasoliittymät voidaan jakaa edelleen niiden tyyppin mukaan. Tiehallinnon (2001) tasoliittymien suunnitteluohjeessa tasoliittymät jaetaan kuuteen perustyyppiin: avoin liittymä, tulppaliittymä, kanavoitu liittymä, porrastettu liittymä, kiertoliittymä ja valo-ohjauksinen liittymä. Nämä tasoliittymätyypit on esitetty kuvassa 6. Seuraavaksi esitellään lyhyesti eri tasoliittymätyypit.

Avoim liittymä: Avoimessa liittymässä pää- ja sivusuuntien välissä ei ole tiemerkinnoin toteutettua sulkualuetta tai reunatuellista liikennesaareketta. Avoimen liittymän etuna on, että se vie vähän tilaa. Lisäksi se on edullinen rakentaa ja kätevä kunnossapidon kannalta. Toisaalta ongelmana voi olla vaikeus hahmottaa liittymäjärjestelyjä ajolinjojen sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden aseman suhteen. (Tiehallinto 2001) Liittymän havaittavuus voi olla huono, joten pääteiden, maanteiden ja kaavateiden liittymissä ei tulisi käyttää avointa liittymää muuten kuin poikkeustapauksissa tilan puutteen vuoksi. Liittymätyyppi soveltuukin lähinnä vähäliikenteisille teille. (Tiehallinto 2002)

Tulppaliittymä: Tulppaliittymä on sivutien suunnassa kanavoitu liittymä, jossa liittymään sivutien suunnasta tulevassa haarassa on korotettu saareke tai se on kanavoitu tiemerkinnoin. Tulppaliittymää käytetään maanteiden, vilkkaiden katujen sekä kaava- ja yksityisteiden liittymissä. Liittymä on mahdollista varustaa suojatiesaarekkeella, mikäli on

erityistä tarvetta varmistaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallinen tien ylitys. Tulpaliittymää voidaan hyödyntää kolmi- ja nelihaaraliittymissä sekä porrastetuissa liittymissä. Taajamien ulkopuolisissa maantieliittymissä tulppaliittymä on yleensä kolmihaarainen. (Tiehallinto 2001) Tutkimusten mukaan nelihaarainen tulppaliittymä on turvallisempi kuin vastaava avoin liittymä. Kolmihaaraliittymässä sen sijaan ei ole tunnistettu olevan vastaavaa eroa. (Kulmala 1995, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002)



Kuva 6. Tasoliittymätyypit (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001).

Kanavoitu liittymä: Kanavoidussa liittymässä päätien ajosuunnat erotetaan toisistaan tiemerkinnöillä tai korotetuilla liikennesaarekkeilla (Tiehallinto 2001). Liittymään voidaan tehdä myös erillinen kääntymiskaista päätieltä vasemmalle tai oikealle kääntyville tai kummallekin (Peltola & Malin 2016, Tiehallinto 2001). Kolmihaaraliittymään on myös mahdollista tehdä väistötila. Tällöin päätien ajokaistaa levennetään siten, että suoraan jatkava liikenne voi ohittaa päätieltä vasemmalle kääntyvät ajoneuvot mahdollisimman sujuvasti. Sivutie voidaan kanavoida joko tulppaliittymän tapaan korotetulla saarekkeella tai samoja periaatteita noudattaen kuin päätie. (Tiehallinto 2001) Tasoliittymäohjeessa (Tiehallinto 2001) liittymän kanavoinnin kerrotaan soveltuvan parhaiten kolmihaaraliittymiin ja porrastettuihin liittymiin. Kuvassa 6 toisella rivillä vasemmalla on esitetty kanavoitu liittymä, jossa pääsuunnalla on liikennesaarekkeet ja vasemmalle kääntymiskaista sekä oikealla kolmihaaraliittymä, jossa on toteutettu väistötilakanavointi.

Kanavoinnin myötä liittymän pääsuunnan liikenteen sujuvuus yleensä paranee. Lisäksi liittymän havaittavuus paranee ja ajoneuvojen ajolinjat selkeytyvät ohjaten autoja oikeille ajolinjoille. Toisaalta kanavointi vie tilaa, vaikeuttaa raskaan liikenteen kääntymistä ja nostaa rakentamis- ja ylläpitokustannuksia. Lisäksi korotetut liikennesaarekkeet muodostavat törmäysriskin. (Tiehallinto 2001) Päätien suoraan jatkava liikenne hyötyy kanavoinnista liikenteen sujuvuuden parantumisen ansiosta, koska kääntyvä ajoneuvo ei häiritse suoraan ajavaa liikennettä ja peräänajoriski vähenee. Tosin kanavoinnilla voi olla myös negatiivisia vaikutuksia: Ensinnäkin kanavoinnin seurauksena esimerkiksi sivutien liikenteen ylitysmatka kasvaa heidän ylittäessään päätietä nelihaaraliittymässä tai porrastetussa liittymässä. Toisekseen kääntyvä ajoneuvo voi muodostaa näkyvyyden peittävän katveen. Kolmantena, liikenteen sujuvuuden parantumisen myötä ajonopeudet voivat kasvaa päätiellä. (Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002) Tiehallinnon (2002) mukaa kanavointi voi osaltaan myös lisätä risteämisonnettomuuksia tai vasemmalle kääntyvien törmäyksiä vastakkaissuunnasta suoraan ajavien kanssa.

Kolmihaaraliittymään toteutettu väistötila on edullinen, se vie vähän tilaa ja on saarekkeeton, mikä vähentää törmäysriskiä pääsuunnalla. Pääsuunnalta vasemmalle kääntymisen ei aiheuta juurikaan häiriötä suoraan jatkavalle liikenteelle, mikä voi vähentää peräänajo-onnettomuuksien määrää ja parantaa liikenteen sujuvuutta. Toisaalta väistötilassa on haittana liittymäalueen laajuus ja jäsenitelemättömyys, ratkaisun yllättävyys ja sujuvuuden lisääntymisestä seuraava päätien ajonopeuksien kasvu (ELY 2011, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002). Tiehallinnon (2002) mukaan väistötilalla ei saavuteta suurilla liikennemäärillä kanavoinnin sujuvuus- ja turvallisuushyötyjä.

Porrastettu liittymä: Nelihaaraliittymä voidaan porrastaa kahdeksi lähekkäin olevaksi kolmihaaraliittymäksi (Tiehallinto 2001). Porrastaminen voidaan toteuttaa kahdella tavalla. Kuvassa 6 kolmannella rivillä vasemmalla on esitetty vasen-oikeaporrastettu liittymä ja oikealla oikea-vasenporrastettu liittymä. Porrastetussa liittymässä on nelihaaraliittymään verrattuna vähemmän konfliktipisteitä. Nelihaaraliittymän porrastamisen hyödylli-

syyden nähdään riipuvan erityisesti sivuteiden liikennemääristä sekä liikenteen suuntautumisesta. Lisäksi tulee huomioda liittymävälit ja päätien liikenteen nopeuserot. Tasoliittymäohjeen mukaan porrastaminen kannattaa yleensä sivutien liikenteen osuuden ollessa yli 5 % kokonaisliikenteestä ja aina, mikäli vähäliikenteisemmän sivutien keskivuorokausiliikenne on vähintään 100 ajoneuvoa vuorokaudessa (Tiehallinto 2001). Tämä tutkimus keskittyy porrastettuihin liittymiin, joten porrastettua liittymää ja sen suunnitteluohjeita käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa 3.4. Oikea-vasenporrastettu liittymä ja vasen-oikeaporrastettu liittymä on tulevissa teksteissä osin kirjoitusasultaan lyhennetty: oikea-vasenporrastus ja vasen-oikeaporrastus.

Kiertoliittymä: Kiertoliittymässä eli liikenneympyrässä liikenne kiertää liittymän keskellä sijaitsevaa saareketta vastapäivään joko yhdellä tai useammalla ajokaistalla. Kiertoliittymää käytetään lähinnä taajamissa ja taajamien porttikohdissa, ja se sopii monesti muita liittymätyyppejä paremmin kaupunkikuvaan. (Tiehallinto 2001) Liittymään saapuva ajoneuvo on väistämisvelvollinen kiertoliittymässä kulkevaan liikenteeseen nähden. Vasemmalle kääntyminen on turvallisempaa kuin muissa tasoliittymätyypeissä, sillä se on korvattu kahdella oikealle kääntymisellä. Autoliikenteelle tapahtuvat onnettomuudet ovatkin yleisesti ottaen lievempiä kuin muissa tasoliittymätyypeissä. (Tiehallinto 2002) Kiertoliittymässä ajoneuvojen suunnat ovat lähes samat, joten siitä puuttuu kokonaan vastakkaisten ajosuuntien väliset konfliktipisteet. Kaiken kaikkiaan konfliktipisteiden määrä on 20, joista risteävien virtojen välisiä konfliktipisteitä on neljä. Nelihaaraliittymissä on neljä kertaa enemmän risteävien liikennevirtojen välisiä konfliktipisteitä kuin kiertoliittymässä. (Tiehallinto 2002) Kiertoliittymien turvallisuus on noussut esiin monissa tutkimuksissa (Peltola & Malin 2016, Kuittinen 2017, Montonen 2008).

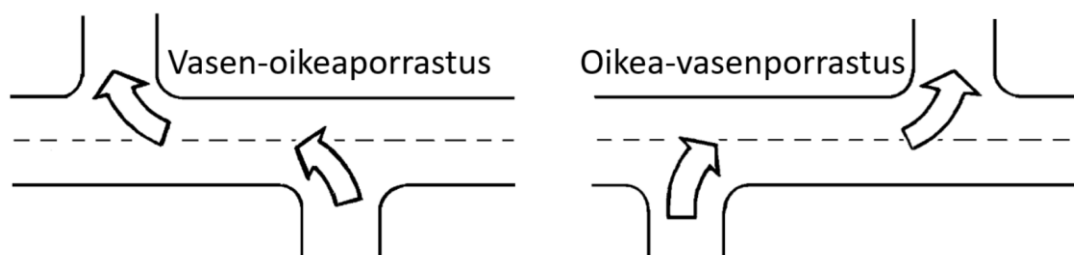
Pääteiden tehtävänä on tarjota liikenteelle paitsi turvalliset myös sujuvat ja suhteellisen nopeat yhteydet. Maaseudun päätieympäristössä kiertoliittymää voidaan pitää poikkeavana ratkaisuna, sillä se vähentää erityisesti raskaan liikenteen sujuvuutta. Kiertoliittymiä ei juurikaan suositella käytettävän taajamien ulkopuolella päätieverkolla, jolla eritasoliittymät, muut tasoliittymät, kuten porrastetut liittymät, tai sivutien liikennekuorman keventäminen verkollisten toimien kautta ovat ensisijaisesti käytettyjä ratkaisuja turvallisuuden parantamisessa. (Tiehallinto 2002)

Valo-ohjauksinen liittymä: Valo-ohjauksisia tasoliittymiä käytetään lähinnä vilkkaissa taajamissa. Niissä liikennettä ohjataan liikennevaloilla. Valo-ohjauksen kautta voidaan erottaa toisistaan paitsi risteävät liikennevirrat myös ajoneuvoliikenne sekä jalankulkijat ja pyöräilijät. (Tiehallinto 2001)

3.4 Porrastetun liittymän suunnitteluohjeet

Tasoliittymäohjeessa on esitetty suunnitteluohjeet porrastetun liittymän toteutukselle. Porrastetussa liittymässä sivutiet voivat olla porrastustavasta riippuen joko järjestyksessä

oikea-vasen tai vasen-oikea. Oikea-vasenporrastuksessa sivutieltä tuleva liikenne kääntyy ensin sivutieltä oikealle ja sitten päätieltä vasemmalle. (Tiehallinto 2001) Vasen-oikeaporrastuksessa puolestaan sivutieltä tuleva liikenne kääntyy ensin sivutieltä vasemmalle ja tämän jälkeen päätieltä oikealle. Kuvassa 7 on esitelty mahdolliset porrastustavat.



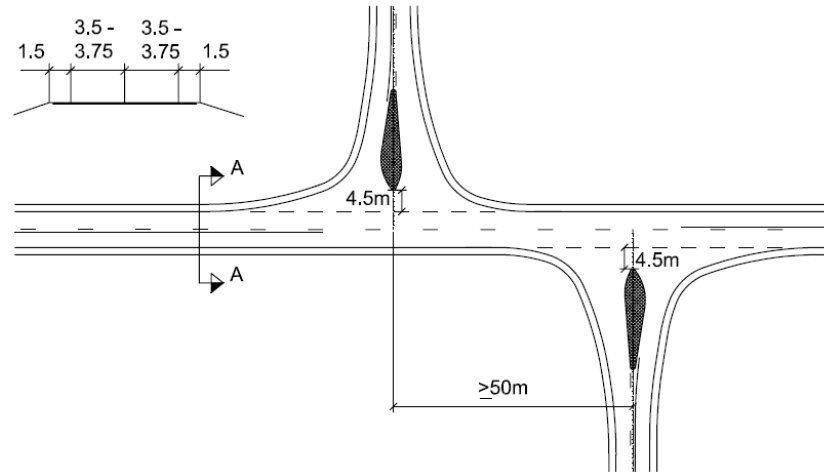
Kuva 7. Porrastustavat (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001).

Porrastustapaa valittaessa on otettava huomioon turvallisuus. Maaseudulla, jossa on suuret nopeudet ja pienet liikennemäärät, kääntymisen pääsuunnalta vasemmalle on todettu olevan riskialttein kääntymissuunta. Suunnitteluohjeessa suositellaankin käytettäväksi maaseudulla vasen-oikeaporrastusta, koska siinä pääsuunnalta vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen määrä on pienempi kuin oikea-vasenporrastuksessa. Vasen-oikea porrastustapa häiritsee myös vähiten sujuvuutta päätien liikenteessä. Sen sijaan taajamissa, joissa on alhaiset nopeudet ja suuret liikennemäärät, on liittyminen sivusuunnasta vasemmalle päävirtaan todettu hankalaksi. Taajamissa suositellaan käytettäväksi oikea-vasenporrastusta. Oikea-vasenporrastus lisää liittyvän liikenteen sujuvuutta, sillä se helpottaa liittymistä päätien liikennevirtaan. Sivusuunnan vasemmalle kääntymistarve on vasen-oikeaporrastusta pienempi. Toisaalta vasemmalle kääntymiskaistojen tarve lisääntyy, koska tämä porrastustapa lisää pääsuunnalta vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen määrää. Oikea-vasenporrastus myös osaltaan lisää oikealle kääntyvien ajoneuvojen ja oikealta tulevien pyöräilijöiden välistä onnettomuusriskiä. (Tiehallinto 2001)

Vaikka maaseutu- ja taajama-alueiden porrastustavoista on suunnitteluohjeessa suositukset, vaikuttavat liikenneturvallisuuden lisäksi lopulliseen porrastustavan valintaan myös muut asiat. Tällaisia ovat muun muassa paikalliset olosuhteet, olemassa oleva liittymäjärjestely, kapasiteetti ja rakentamiskustannukset (Tiehallinto 2001). Esimerkiksi ympäristön muodot ja käytettävissä oleva tila voivat määrätä porrastustavan valinnan. Liittymän kapasiteetin takia valinta voi kallistua oikea-vasenporrastukseen, sillä siinä on yleensä vasen-oikeaporrastetusta suurempi kapasiteetti. Oikea-vasenporrastusta käytetään myös tavallisesti siinä tapauksessa, mikäli päätiellä on tarvetta vasemmalle kääntymiskaistoille. Myös mikäli porrastetussa liittymässä on tarvetta liikennevaloille, on oikea-vasenporrastus huomattavasti vasen-oikeaporrastusta parempi vaihtoehto. Valo-ohjausta käytetäänkin tyypillisesti taajamassa, jossa ohjeen mukaan tulee suosia oikea-vasenpor-

rastusta. Valo-ohjauksessa liikennevalojen vaihekaavio tulee suunnitella mahdollisimman sujuvaksi siten, ettei liittymäalue tukkeudu liittymään pysähtyvien ajoneuvojen takia. (Tiehallinto 2001)

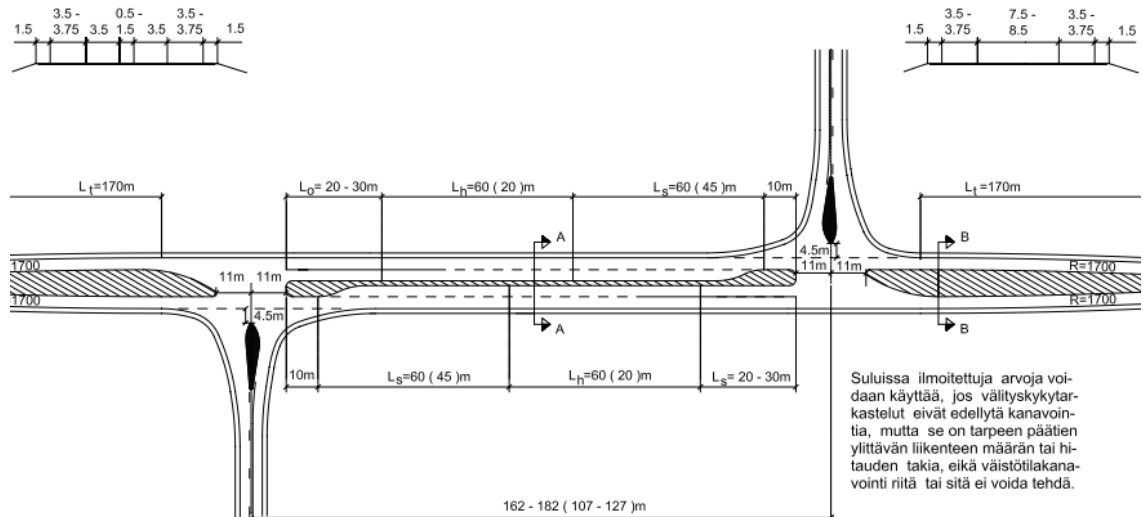
Porrastetussa liittymässä porrastusväli tulee olla vähintään 50 metriä, mikäli pääsuuntaa ei ole kanavoitu kääntymiskaistoin (Tiehallinto 2001). Tämä on havainnollistettu kuvassa 8, jossa on esitetty ilman kääntymiskaistoja toteutetun vasen-oikeaporrastetun liittymän minimiporrastusväli. Kuvan liittymässä on sivuteillä tulppasaarekkeet.



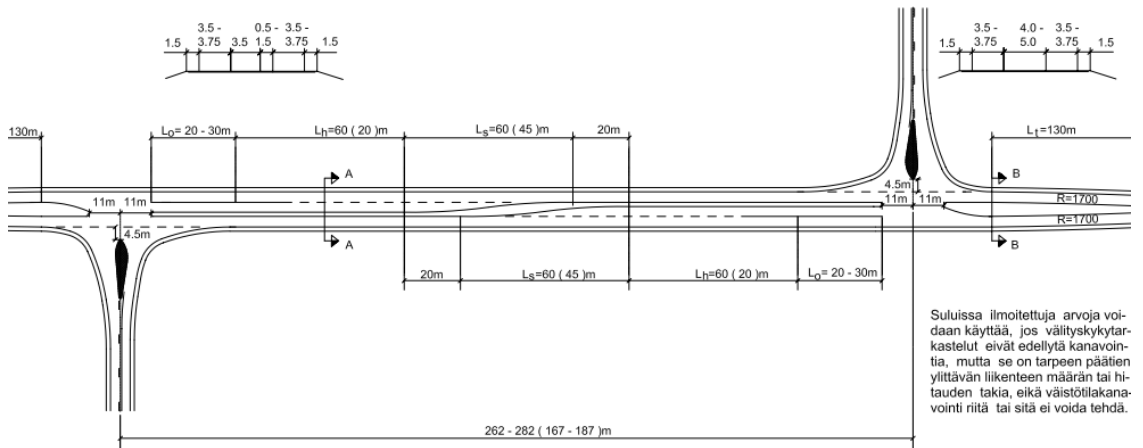
Kuva 8. Vasen-oikeaporrastuksen minimiporrastusväli tasoliittymäohjeen mukaan (Tiehallinto 2001).

Mikäli vasen-oikeaporrastuksessa on oikealle kääntymiskaista tai varaus sille, tulee porrastusvälin olla tarpeeksi pitkä. Päätien risteävät hitaat ajoneuvot kuten maatalousajoneuvot voivat lisätä oikealle kääntymiskaistan tarvetta vasen-oikeaporrastetussa liittymässä nelihaaraliittymään verrattuna. Porrastetusta liittymästä on olemassa myös vähemmän käytetty erikoistapaus minimiporrastus, jossa porrastusväli on alle 10 metriä. (Tiehallinto 2001)

Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat voivat sijaita rinnakkain tai peräkkäin. Kuvissa 9 ja 10 on havainnollistettu oikea-vasenporrastetun liittymän vasemmalle kääntymiskaistojen sijoittelu toisiinsa nähden. Kuvassa 9 on esitetty oikea-vasenporrastuksen rinnakkain sijaitsevat ja kuvassa 10 peräkkäin sijaitsevat vasemmalle kääntymiskaistat. Kuvien porrastetuissa liittymissä päätie on kanavoitu ja sivuteillä on tulppasaarekkeet.



Kuva 9. Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat rinnakkain (Tiehallinto 2001).



Kuva 10. Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat peräkkäin (Tiehallinto 2001).

Mikäli liittymässä on paljon päätietä ylittäviä erityisen hitaita ajoneuvoja kuten maatalousajoneuvoja, sijoitetaan kääntymiskaistat yleensä rinnakkain. Lisäksi kaistat on tasoliittymäohjeen mukaan hyvä muotoilla siten, että sivutieltä tulevat ajoneuvot voivat ajaa mahdollisimman nopeasti vasemmalle kääntymiskaistalle. Mikäli oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat sijaitsevat peräkkäin, tulee porrastusvälin olla vähintään 100 metriä. (Tiehallinto 2001)

4. TURVALLISUUSNÄKÖKULMA PORRASTE- TUISSA LIITTYMISSÄ

4.1 Liikenneturvallisuus ja onnettomuusmallit

Turvallisuus on koko yhteisön ja järjestelmän dynaaminen ominaisuus. Se ei ole pysyvä tila, vaan sitä koko ajan rakennettava (Reiman 2015). Liikenneturvallisuus voidaan nähdä liikennejärjestelmän ominaisuutena ja arvona, sekä samalla yhtenä liikennejärjestelmätöön ja -politiikan tavoitteena (Ahlroth & Pöllänen 2011). Objektiivinen eli todellinen turvallisuus perustuu todellisten, tapahtuneiden, onnettomuuksien määrään. Se voi olla numeerista tai sitä voidaan kuvata riskinä. Subjektiivinen eli koettu turvallisuus kuvaa sitä, miten paljon ihmiset uskovat siihen, että on olemassa riski onnettomuudelle ja miten vaarallisena he pitävät liikennettä (Sørensen & Mosslemi 2009). ELY-keskuksille tulleen palautteen mukaan osa tienkäyttäjistä kokee porrastetut liittymät vaarallisina erityisesti jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille. Tämä liittyy turvallisuuden kokemiseen eli subjektiiviseen turvallisuuteen. Porrastetuissa liittymissä esimerkiksi ajoneuvojen nopeudet voivat vaikuttaa tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen. Erityisesti ylinopeuksien on tunnistettu aiheuttavan turvattomuutta tienkäyttäjille (Klang et al. 2015). Klangin et al. (2015) mukaan ylinopeudet aiheuttavat turvattomuutta erityisesti lapsissa ja heidän vanhemmissaan sekä suojaamattomissa tienkäyttäjissä.

Tarkastelemalla myöhemmin onnettomuusdataa porrastetuista liittymistä voidaan onnettomuusdataan perustuvaan objektiiviseen turvallisuuteen peilaten analysoida, miten merkittävässä määrin ja missä tilanteissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuu onnettomuuksia. Tätä kautta voidaan pohtia, ovatko porrastetut liittymät todella turvattomia suojaamattomille tienkäyttäjille vai onko kyse enemmänkin turvattomuuden kokemisesta. Taulukossa 2 on selvennetty subjektiivisen ja objektiivisen turvallisuustilanteen kohtaamista toisiinsa nähden.

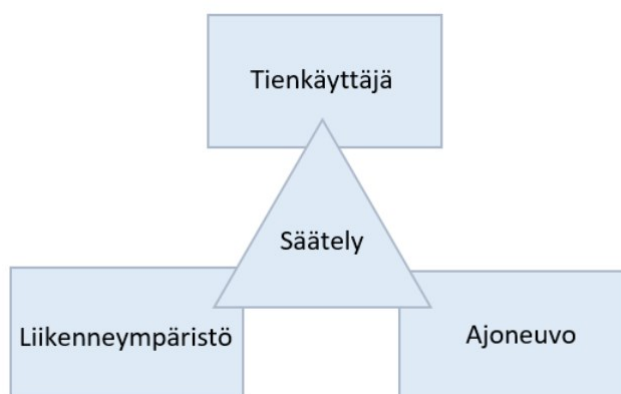
Taulukko 2. Subjektiivisen ja objektiivisen turvallisuustilanteen kohtaaminen (muokattu lähteestä Ahlroth & Pöllänen 2011).

Objektiivinen, todellinen turvallisuustilanne	Subjektiivinen, koettu turvallisuustilanne		
		Heikko	Hyvä
	Heikko	Näkemykset kohtaavat	Tilanne koetaan turvallisemmaksi kuin se onkaan, mikä voi johtaa riskinottoon
	Hyvä	Tilanne koetaan turvattommaksi kuin se onkaan, jolloin tilanne voidaan kokea pelottavana ja liikkumista saatetaan rajoittaa	Näkemykset kohtaavat

Todellinen liikenneturvallisuustilanne voi erota suurestikin koetusta liikenneturvallisuustilanteesta (taulukko 2). Eroa voi olla molempiin ääripäihin: Tilanne liikenteessä voidaan kokea turvallisemmaksi kuin se todellisuudessa on tai tilanne voidaan kokea todellista tilannetta turvattommaksi (Ahlroth & Pöllänen 2011, Heltimo & Korhonen 2016). Lisäksi Heltimo ja Korhonen (2016) huomauttavat, että liikenne tai liikenneympäristö voidaan kokea myös samaan aikaan sekä turvallisena että turvattomana riippuen siitä, keneltä kysytään.

Suomessa liikenneturvallisuustyötä ohjaa nollavisioksi kutsuttu liikenneturvallisuusvisio, jonka mukaan tieliikennejärjestelmä on suunniteltava siten, ettei kenenkään tarvitse kuolla tai loukkaantua vakavasti liikenteessä. Vision lähtökohtana on, että liikennejärjestelmä tulee suunnitella ihmisen toimintamahdollisuudet ja kyvyt huomioon ottaen siten, että ehkäistään kuolemat ja loukkaantumiset. Vastaavasti tienkäyttäjiltä edellytetään sääntöjen noudattamista ja turvalaitteiden käyttöä. (LVM 2012) Visio on lähtökohtana kaikelle liikennesuunnittelulle ja koskee myös porrastettuja liittymiä. Tienkäyttäjien sääntöjen noudattamista valvotaan ja mikäli niitä ei noudateta, on olemassa erilaisia sanktioita (LVM 2016). Liikenneturvallisuustyössä tähdätään jatkuvaan turvallisuuden parantamiseen. Suomen tieliikenteen turvallisuustavoitteena on liikennekuolemien määrän puolittaminen ja loukkaantumisten määrän vähentäminen neljänneksellä vuoden 2010 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että vuonna 2020 tieliikenteessä kuolisi enintään 136 henkilöä ja loukkaantuisi enintään 5750 henkilöä. Tieliikenteen turvallisuus on pitkällä aikavälillä parantunut, sillä liikenneturvallisuutta on kehitetty määrätietoisesti. (LVM 2012) 2000-luvun alussa liikennekuolemien määrä laski noin 30 % ja loukkaantuneiden määrä noin 10 % (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015).

Liikenneturvallisuusteoriat tarjoavat lähtökohtia liikenneturvallisuuden kokonaisuuden ymmärtämiseen ja teorioiden pohjalta voidaan myös kehittää liikenneturvallisuustyötä. Järjestelmäteoria käsittää liikennejärjestelmän ajoneuvon, tienkäyttäjän ja liikenneympäristön sekä edellisten säätelyn väliseksi vuorovaikutussuhteiksi (Luoma & Roine 2009). Liikennejärjestelmän kokonaisuus on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Liikennejärjestelmän kokonaisuus (muokattu lähteestä Roine & Luoma 2009).

Porrastettuja liittymiä tarkasteltaessa varsinainen liittymäratkaisu ja sen ympäristö kuten tienvierialue edustavat kuvan 11 liikenneympäristöä. Tienkäyttäjät ovat kaikki porrastetussa liittymässä liikkujat: ajoneuvojen kuljettajat, jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat. Ajoneuvo kuvastaa kulkuvälineitä, joilla liittymässä liikutaan. Kaikkia edellä mainittuja ohjataan ja säädelään laein ja ohjeistuksin, esimerkiksi tien kunnossapitovaatimuksilla, nopeusrajoituksilla ja ajoneuvoihin liittyvillä vaatimuksilla. Järjestelmäteorian mukaan onnettomuudet ovat seurausta liikennejärjestelmän osien vuorovaikutusten epäonnistumisesta. Teoriassa oletetaan, ettei voida osoittaa, jonkin tietyn osan merkityksen olevan liikenneturvallisuuden kannalta toisia ratkaisevampi. Järjestelmäteoriassa hyväksytään ihmisten tekevän virheitä. Virheitä tapahtuu, koska järjestelmää ei ole suunniteltu ja sopeutettu ihmisen ominaisuuksiin. Kiinnostavaa onkin pohtia, miksi ihmiset tekevät virheitä ja, millaisia tehdyt virheet ovat. Näistä lähtökohdista turvallisuustoimenpiteitä onkin haettu teknisten osien kehittämisellä ja pyritty suunnittelemaan ihmisen edellytykset ja mahdollisuudet paremmin huomioon ottavia liikenneympäristöjä ja ajoneuvoja. (Luoma & Roine 2009)

Järjestelmäteorian teknisellä lähestymistavalla on omat puutteensa. Se ei huomio sitä, että vaikka ajoneuvo ja liikenneympäristö olisivat kuinka hyvin suunniteltuja, tekee ihminen silti virheitä. Theeuwesin ja Godtelpin (1995) mukaan inhimilliset virheet, kuten puutteelliset odotukset ja väärät tulkinnat, ovat osatekijöinä valtaosassa liikenneonnettomuuksista. Tienkäyttäjien käyttäytymiseen liikenteessä vaikuttavat erilaiset asenteet, opitut tavat ja säännöt (Ahlroth & Pöllänen 2011). Järjestelmäteoriaa täydentämään onkin ollut syytä ottaa käyttäytymisteorioita, joissa tutkitaan esimerkiksi ihmisten käyttäytymistä ja sitä, miten tienkäyttäjät sopeuttavat toimintaansa erilaisten toimenpiteiden seurauksena (Luoma & Roine 2009). Onnettomuuksien syytä selvittäessä ja turvallisuustoimenpiteitä kehitettäessä tulisikin lähtökohdiksi ottaa sekä järjestelmä- että käyttäytymisteoria. Onnettomuuksien syyt tieliikenteessä voidaan jakaa tienkäyttäjän virheisiin, liikenneympäristön puutteisiin sekä ajoneuvon puutteisiin ja vikoihin (Ahlroth & Pöllänen 2011). Käytännössä liikenneympäristöön liittyvät puutteet porrastettujen liittymien osalta voivat tarkoittaa esimerkiksi puutteellisia kaista- tai saarekejärjestelyjä tai alikulun puuttumista jalankulkijoille ja pyöräilijöille. Tienkäyttäjä voi tehdä virheen esimerkiksi lähestymällä porrastettua liittymää liian suurella tilannenopeudella, eikä hän ehdi tarpeeksi alentamaan nopeutta liittymässä hitaammin ajavaan ajoneuvoon nähden, mikä voi johtaa peräänajoon. Ajoneuvossa mahdollinen puute voi olla esimerkiksi huonokuntoiset talvirenkaat, jotka lisäävät tieltä suistumisen riskiä talvella. (Liikenneturva 2019, Malmivuo & Luoma 2014, Uljas et al. 2015)

Haddonin matriisi on malli, jossa tarkastellaan onnettomuuksien syytekijöitä ja aikaulottuvuutta. Syytekijät jaetaan tarkastelun mukaan kolmeen osaan eli inhimillisiin, teknisiin ja ympäristöön liittyviin tekijöihin. Syytekijät voidaan jakaa myös neljään osaan erottamalla toisistaan fyysinen ja sosiaalinen ympäristö. Sosiaalinen ympäristö on huomio esimerkiksi erilaiset säätelyyn liittyvät tekijät kuten lait ja rajoitukset. (Ahlroth & Pöllänen

2011, Eksler 2007, Haddon 1983) Haddonin matriisissa turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä tarkastellaan onnettomuutta edeltävän vaiheen (pre-crash), varsinaisen onnettomuushetken (crash) ja onnettomuuden jälkeisen vaiheen (post-crash) osalta (Ahlroth & Pöllänen 2011). Pre-crash-vaiheessa tavoitteena on estää onnettomuuksien syntyminen. Mikäli onnettomuus pääsee kuitenkin tapahtumaan, pyritään onnettomuushetkellä (crash) estämään vammojen syntyminen siten, että ihmiseen kohdistuu mahdollisimman vähän vahinkoa. Viimeisessä eli post-crash-vaiheessa pyritään turvaamaan onnettomuuden uhrien hengissä säilyminen ja lieventämään onnettomuuden seurauksia. (Ahlroth & Pöllänen 2011, Haddon 1983)

Liikenneturvallisuustyössä pyritään ehkäisemään onnettomuuksien syntymistä ja niiden vaikutuksia erilaisin toimenpitein. Tieliikenteen turvallisuuden parantaminen on jatkuvaa ja pitkäjänteistä työtä, joka vaatii sekä liikenneympäristöön ja kulkuneuvoihin kohdistuvia toimia, että ihmisen asenteisiin, motiiveihin ja taitoihin vaikuttamista (Heltimo & Lautala 2013, LVM 2012). Taulukossa 3 tieliikenteen turvallisuustoimia on jaoteltu Haddonin matriisiin pohjautuen kuvan 11 liikennejärjestelmän kokonaisuuden tienkäyttäjään, ajoneuvoon, liikenneympäristöön ja säätelyyn liittyviin tekijöihin.

Taulukko 3. *Tieliikenteen turvallisuuteen vaikuttavia toimia (Ahlroth & Pöllänen 2011, ELY 2011, Haddon 1983, Heltimo & Lautala 2013, Luoma & Roine 2009, LVM 2012, Supreme 2007)*

Vaiheet ja tavoitteet	Tekijät			
	Tienkäyttäjä	Ajoneuvo	Ympäristö	Säätely
Pre-crash onnettomuuden estäminen	<ul style="list-style-type: none"> •Sääntöjen noudattaminen, motivaatio ja asenteet •Varataan matkaan riittävästi aikaa •Riittävä lepo •Ajetaan terveinä •Turhien matkojen karsiminen 	<ul style="list-style-type: none"> •Kunnossapito ja huolto •Aktiiviset turvalaitteet (esim. renkaat, ajovalot, jarrut, luis-tonesto, nopeuden säätely- järjestelmä, turvavyömuistutin) 	<ul style="list-style-type: none"> •Kunnossapito •Maankäytön ja teiden suunnittelu; turvalliset suunnitteluratkaisut •Eri liikennemuodot omilla väylillä •Selkeys, sujuvuus, ennakoitavuus •Opastus ja ohjaus •Järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille 	<ul style="list-style-type: none"> •Lait ja määräykset (esim. liikennesäännöt, ajo-oikeus, ajolupa, nopeusrajoitus, promillelaki) •Opastus ja ohjaus •Valvonta (esim. nopeus, turvalaitteiden käyttö, puhelin ajon aikana, päihteet) •Asenteisiin vaikuttaminen ja liikennekasvatus •Informaatio (esim. onnettomuudet, sääolosuhteet, tietyöt)
Crash Vammojen estäminen onnettomuuden aikana	<ul style="list-style-type: none"> •Turvavyön käyttäminen •Suojavaatetuksen ja kypärän käyttäminen kaksipyöräisillä 	<ul style="list-style-type: none"> •Passiiviset turvalaitteet (esim. turvavyö, turvavyötyyny) 	<ul style="list-style-type: none"> •Tieympäristön pehmentäminen ja turvalliset tienvierialueet 	<ul style="list-style-type: none"> •Lait ja määräykset (esim. turvavyöpakko, autoon liittyvät määräykset)
Post-crash uhrien hengissä säilyminen	<ul style="list-style-type: none"> •Ensiaputaidot ja nopea hoitoon pääsy •Puhelin avunkutsumiseksi 	<ul style="list-style-type: none"> •Automaattinen hätäviestipalvelu •Pääsyn helpous 	<ul style="list-style-type: none"> •Pelastuslaitteet tienvarsilla •Esteetön pääsy onnettomuuspaikalle 	<ul style="list-style-type: none"> •Pelastusviranomaisen toiminta (poliisi, palokunta, terveydenhuolto)

Säätely vastaa Haddonin matriisin neljättä tekijää, sosiaalista ympäristöä, jolla voidaan vaikuttaa liikennejärjestelmän muihin osiin esimerkiksi lainsäädännön, ohjauksen ja valvonnan kautta (taulukko 3). Luvussa 4.4 keskitytään tarkastelemaan liikenneturvallisuuden parantamista tasoliittymässä liikenneympäristön osalta, koska ympäristöön liittyviin tekijöihin voidaan porrastettujen liittymien suunnittelulla vaikuttaa eniten. Vaikka työn laajuuden rajaamiseksi turvallisuuden edistämisen tarkastelun kohteena onkin lähinnä ympäristö, on kaikilla taulukkoon 3 poimituilla liikennejärjestelmän turvallisuuteen vaikuttavilla tekijöillä ja toimilla tärkeä merkitys kokonaisvaltaisessa liikenneturvallisuustyössä, eikä niiden merkitystä tule väheksyä. Tämän vuoksi myös muita tekijöitä ja toimenpiteitä on koottu esimerkin omaisesti taulukkoon 3, vaikkei niitä tarkemmin tässä työssä käsitellä. Luvun 4.4 tarkastelu sijoittuu erityisesti taulukon 3 pre-crash ja crash-vaiheiden alueelle.

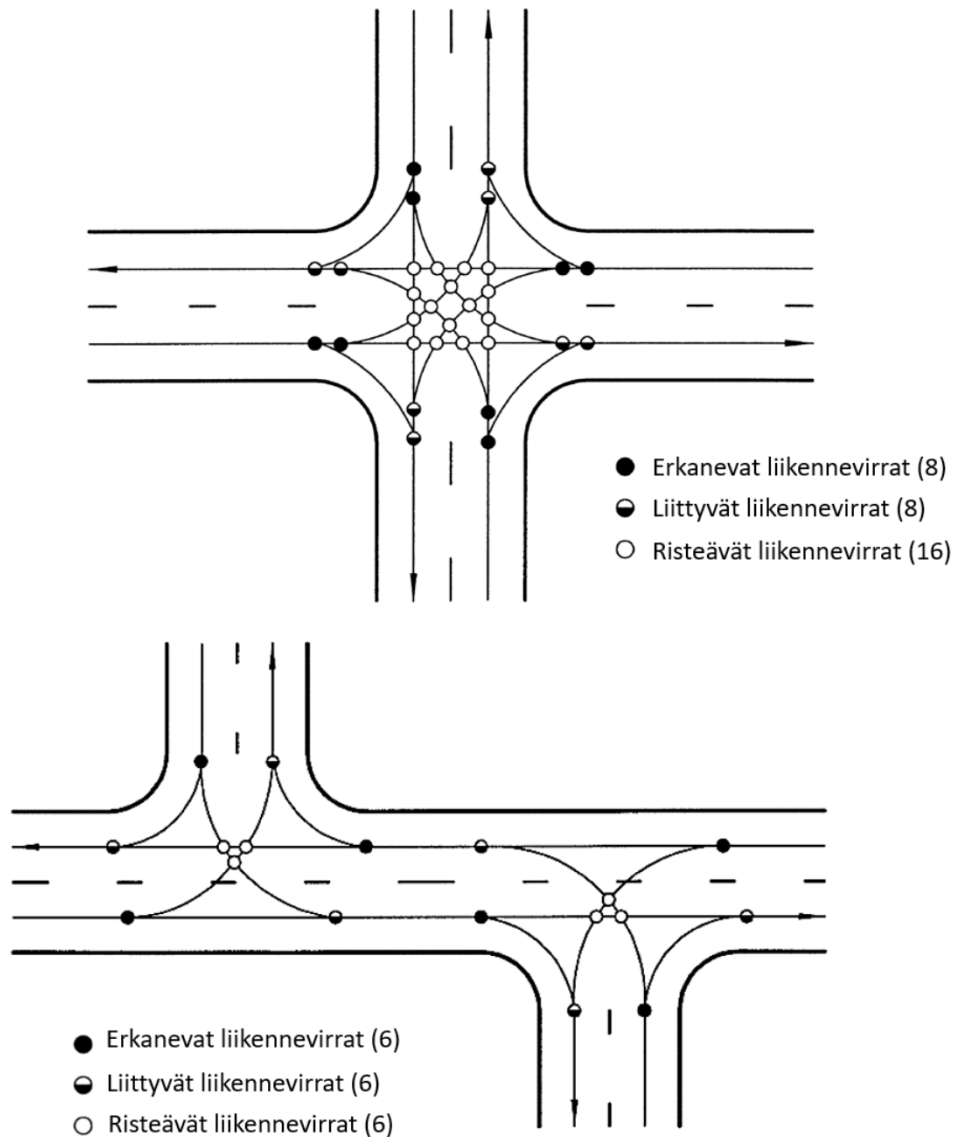
4.2 Porrastettujen liittymien turvallisuus

Seuraavassa esitellään porrastetuista liittymistä löytyneitä tutkimustuloksia ja esitetään ne lihavoitujen väliotsikoiden alla jäsenneltynä. Lopuksi esitetään yhteenveto tuloksista.

Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää konfliktipisteitä ja risteämisonnettomuuksia

Nelihaaraliittymän muuttamista porrastetuksi liittymäksi pidetään turvallisuutta edistävänä toimenpiteenä, erityisesti konfliktipisteiden määrän vähenemisen takia nelihaaraliittymään verrattuna (Bared & Kaisar 2001, Bowen et al. 2014, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002). Kuvassa 12 on esitetty nelihaaraliittymän ja porrastetun liittymän konfliktipisteet. Nelihaaraliittymässä on yhteensä 32 konfliktipistettä. Konfliktipisteistä kahdeksan on liittyvien ja kahdeksan erkanevien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä, joihin liittyvät onnettomuudet ovat tyypillisesti peräänajoja ja kylkiosumia. Lisäksi nelihaaraliittymässä on 16 risteävien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä. (Mahalel et al. 1986, Rodgerdts et al. 2004) Edellisistä 12 liittyy vasemmalle kääntyviin ajoneuvoihin, kun vasemmalle kääntyvä ajoneuvo ja johonkin muuhun suuntaan menevä ajoneuvo kohtaavat toisensa. Neljä muuta risteävien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä käsittää suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen törmäämisen toisiinsa (angle collision). (Rodgerdts et al. 2004)

Porrastetussa liittymässä konfliktipisteitä on tarkastelutavasta riippuen 18 tai 22. Kuvassa 12 on esitetty useassa julkaisussa tunnistetut porrastetun liittymän 18 konfliktipistettä (Bared & Kaisar 2001, Mahalel 1986, Rodgerdts et al. 2004). Konfliktipisteiden määrän voidaan ajatella olevan myös suurempi eli 22 (Bowen et al. 2014, Hughes 2010, Elvik et al. 2009), mikäli sivuteiden haaroissa olevat erkanevien liikennevirtojen ja liittyvien liikennevirtojen väliset konfliktipisteet lasketaan mukaan kahdesti (Klunder et al. 2006). Kuvan 12 mukaan porrastetussa liittymässä on kuusi erkanevien liikennevirtojen, kuusi liittyvien liikennevirtojen ja kuusi risteävien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä (Mahalel et al. 1986, Rodgerdts et al. 2004).



Kuva 12. Nelihaaraliittymän (ylhällä) ja porrastetun liittymän (alhaalla) konfliktipisteet (muokattu lähteistä Rodgerdts et al. 2004, s. 222, FHWA 2018).

Porrastetussa liittymässä on risteävien liikennevirtojen välisiä konfliktipisteitä huomattavasti vähemmän kuin nelihaaraliittymässä ja näistä kaikki liittyvät vasemmalle kääntyvään ajoneuvoon (Rodgerdts et al. 2004). Suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen törmäykset toisiinsa puuttuvat kokonaan (Rodgerdts et al. 2004), jolloin varsinaisia risteämis-onnettomuuksia ei synny kuten nelihaaraliittymässä (Vejregler 2018).

Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää vaikutuksen riippuessa erityisesti sivusuunnan osuudesta liittymään saapuvien ajoneuvojen määrässä

Norjalaisen Elvikin et al. (2009) tekemän liikenneturvallisuuskäsikirjan yhteenvedon mukaan nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutuksen suuruus riippuu sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuudesta. Sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuuden ollessa pieni ei liittymän porrastaminen paranna turvallisuutta. Jos sivusuunnan liikenteen osuus on

15–30 %, vähentää liittymän porrastaminen henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 25 %. Sivusuunnan liikenteen osuuden ollessa yli 30 % vähentää liittymän porrastaminen henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 33 %. (Elvik et al. 2009)

Myös suomalaisen Kulmalan (1995) väitöskirjan ja Brüden ja Larssonin (1987) toteuttaman ruotsalaisen tutkimuksen mukaan porrastamisen vaikutuksen suuruus riippuu sivusuunnasta saapuvien autojen osuudesta. Kulmalan (1995) mukaan nelihaaraliittymän porrastaminen parantaa liittymän turvallisuutta erityisesti henkilövahinko-onnettomuuksissa sivutien osuuden liittymään saapuvista ajoneuvoista ollessa yli 5 %. Mikäli puolet liittymään saapuvista ajoneuvoista tulee sivutieltä, vähenee henkilövahinko-onnettomuuksien määrä 23 %. (Kulmala 1995) Brüden ja Larssonin (1987) tutkimuksen mukaan vaikutus kasvaa sitä enemmän, mitä suurempi on sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuus (yli 10 %). Vaikutuksen todettiin olevan suurempi myös porrastusvälin ollessa pienempi (alle 300 m). Kaiken kaikkiaan Brüden ja Larssonin (1987) tutkimuksen perusteella liittymän porrastaminen vähentää kaikkien onnettomuuksien määrää 0–40 %. Vasen-oikeaporrastuksen nähtiin vähentävän onnettomuuksien määrää 4 % ja oikea-vasenporrastuksen puolestaan lisäävän onnettomuuksia 7 %. Edellä mainittu ero ei ollut tilastollisesti merkittävä. (Brüde & Larsson 1987)

Tanskan tieviranomaisen (Vejdirektoratet 2014) esittelemässä tanskalaisessa tutkimuksessa vuodelta 1999 analysoitiin porrastuksen turvallisuusvaikutusta tutkimalla 17 liittymää, jotka oli muutettu nelihaaraliittymästä porrastetuksi liittymäksi. Suurin osa oli vasen-oikeaporrastuksia. Tulosten mukaan henkilövahinko-onnettomuuksien määrä väheni 73 % ja omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä 47 %. (Vejdirektoratet 2014) Tutkitujen liittymien määrä oli tilastollisesti pieni, mutta on hyvin linjassa muiden tutkimusten kanssa siinä, että onnettomuuksien määrä vähenee. Yleisesti ottaen tanskalaisessa käsikirjassa arvioidaan porrastetun liittymän olevan 50 % turvallisempi kuin vastaava nelihaaraliittymä (Vejregler 2018).

Yhdysvaltalaisen Mahalelin et al. (1986) tarkasteleman ennen-jälkeen-tutkimuksen mukaan liittymän porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää 60 %. Vasen-oikeaporrastuksen nähtiin vähentävän onnettomuuksia oikea-vasenporrastusta enemmän. (Mahalelin et al. 1986) Baredin ja Kaisarin (2001) tekemän tuoreemman yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan nelihaaraliittymän muuttaminen porrastetuksi liittymäksi vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää noin 40 % ja kaikkien onnettomuuksien määrää 20–30 %.

Schnüllin ja Richterin (1994) saksalaisessa tutkimuksessa vertailtiin nelihaaraliittymiä ja porrastettuja liittymiä. Tulosten mukaan porrastettujen liittymien onnettomuusasteet ovat noin 10 % ja onnettomuuskustannukset noin 50 % pienempiä kuin nelihaaraliittymien vastaavat arvot (Schnüll ja Richter 1994). Myös suomalaisessa Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa porrastettujen liittymien onnettomuuskustannuksien saapuvien autojen

määrää kohti nähtiin olevan vastaavia nelihaaraliittymiä pienemmät. Alhaisemmat onnettomuuskustannukset selittyivät Peltolan ja Malinin (2016) mukaan kolmihaaraliittymien pienemmistä kuolemanriskeistä saapuvien autojen määrää kohti.

Bennet ja Blackmore (1970) osoittivat läpi menevän liikenteen olevan nelihaaraliittymässä kolme kertaa vaarallisempaa kuin porrastetussa liittymässä tapahtuvat oikealle ja vasemmalle kääntymiset (Mahalel et al. 1986). Crausin (1983) mukaan liittymissä, joissa sivutien liikennemäärä on korkea, nelihaaraliittymässä tapahtuvien onnettomuuksien määrä on kaksinkertainen verrattuna porrastettuun liittymään (Mahalel et al. 1986). Mahalel et al. (1986) perustelevat Crausin (1983) tutkimustulosta sillä, että sivutien liikennemäärän ollessa korkea voivat nelihaaraliittymän sivutiet ja päätie näyttäytyä hierarkialtaan samanlaisilta. Tällöin kuljettaja ei välttämättä tiedä, mikä on päätie, mikä aiheuttaa sekaannusta liikenteen järjestyksessä (Mahalel et al. 1986).

Hummelin (2001) raportin yhteenvedon mukaan onnettomuusasteet Yhdysvalloissa ja useissa Euroopan maissa todistavat porrastettujen liittymien olevan nelihaaraliittymiä turvallisempia ja nelihaaraliittymän korvaaminen porrastetulla liittymällä nähdäänkin tehokkaana turvallisuustoimenpiteenä sekä Yhdysvalloissa että Euroopassa. Lisäksi Hummelin (2001) raportissa oli vertailtu nelihaaraliittymien ja porrastettujen liittymien onnettomuusasteita (onn./milj.ajon.) viitaten eri lähteisiin, joissa kaikissa on porrastetun liittymän onnettomuusasteen on tunnistettu olevan nelihaaraliittymää pienempi: Kuciemban ja Cirillon (1992) yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan maantieliittymissä nelihaaraliittymän keskimääräinen onnettomuusaste on 1,35 ja porrastetun liittymän alle puolet tästä eli 0,58. Ogden (1996) käsittelemän australialaisen julkaisun mukaan henkilövahinkoonnettomuuksissa onnettomuusaste maantieliittymissä on nelihaaraliittymän osalta 0,53 ja porrastettujen liittymien osalta 0,29. Layfielin et al. (1996) toteuttamassa englantilaisessa tutkimuksessa onnettomuusasteet henkilövahinkoonnettomuuksille olivat nelihaaraliittymissä 0,33 ja porrastetuissa liittymässä 0,23.

Porrastetussa liittymässä on turvallisuusetujen lisäksi myös joitakin toiminnallisia etuja

Vaikka porrastetun liittymän suurin etu on turvallisuus, on sillä lisäksi myös joitakin toiminnallisia etuja (Mahalel et al. 1986). Ensinnäkin porrastetussa liittymässä väistämisvelvollisuusjärjestelyt ovat nelihaaraliittymää helpommat hahmottaa. Porrastetun liittymän muodosta johtuen päätien sijainti on selkeämpi ja sivutiet on helpompi tunnistaa kuin nelihaaraliittymässä. (Mahalel et al. 1986) Päätie on tavallisesti liikennemäärältään merkittävämpi tie, jonka liikennettä sivuteiltä tulevan liikenteen on väistettävä (Mahalel et al. 1986, Vejregler 2018).

Sen lisäksi, että porrastetussa liittymässä on paitsi vähemmän konfliktipisteitä, ovat konfliktipisteet levittäytyneet laajemmalle kuin nelihaaraliittymässä. Käytännössä konfliktipisteiden laajemmalle levittäytyminen tarkoittaa, että konfliktipisteet on eroteltu ajassa ja

paikassa. Tämä puolestaan johtaa siihen, että porrastetun liittymän läpi ajava kuljettaja kohtaa vähemmän potentiaalisia ongelmia aikayksikössä kuin nelihaaraliittymän läpimentäessä. (Mahalel et al. 1986)

Liittymän porrastaminen parantaa liittymän sujuvuutta (Elvik et al. 2009, Jokela & Lehtomaa 2009, Mahalel et al. 1986, Sørensen & Mosslemi 2009, Vejdirektoratet 2014, Mäkinen 2013). Liikenteen voidaan ajatella sujuvoituvan, koska potentiaalisia ongelmia kohdataan vähemmän, liittymän tulosuuntia on vähemmän ja liittymätoimintojen määrä vähenee (Jokela & Lehtomaa 2009, Mahalel et al. 1986). Tällöin ajoneuvojen odotusajat ja pysähdysten määrä vähenevät (Mahalel et al. 1986). Kun muutetaan nelihaaraliittymä kahdeksi vierekkäiseksi kolmihaaraliittymäksi, tienkäyttäjät hajaantuvat ikään kuin kahdelle erilliselle liittymäalueelle yhden sijasta. Tienkäyttäjät kohtaavat pienemmän liikennemäärän kussakin kolmihaaraliittymässä verrattuna nelihaaraliittymään (Sørensen & Mosslem 2009). Ruuhka liittymän keskialueella vähenee, liittymätoiminnot selkeytyvät ja näkyvyys paranee (Bowen et al. 2014, Sørensen & Mosslem 2009). Tienkäyttäjien levittäytyessä laajemmalle myös näiden väliset välimatkat kasvavat, jolloin tienkäyttäjät häiritsevät vähemmän toistensa toimintaa. (Sørensen & Mosslem 2009).

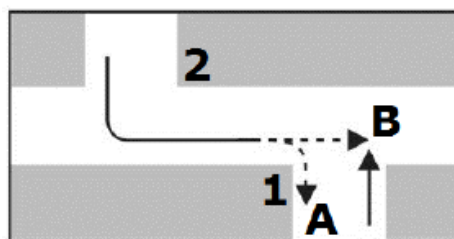
Vaikka Mahalelin et al. (1986) tutkimuksessa vasen-oikeaporrastuksen nähtiin vähentävän onnettomuuksia oikea-vasenporrastusta enemmän, suosivat Mahalel et al. (1986) tästä huolimatta oikea-vasenporrastusta. Perustelut liittyvät toiminnallisiin syihin: oikea-vasenporrastus aiheuttaa vasen-oikeaporrastusta vähemmän viivytystä ja sillä on isompi kapasiteetti (Bared & Kaiser 2001, Mahalel et al. 1986, Vejdirektoratet 2014, Tiehallinto 2001). Oikea-vasenporrastuksessa on Mahalelin et al. (1986) mukaan etuja erityisesti sivutien päätieta ylittävälle liikenteelle: suurempi kapasiteetti, pienemmät viivytykset pysäytettäessä ja suuremmat todennäköisyydet ajaa liittymän läpi pysäyttämättä. Sujuvuus on seurausta siitä, että päätien ylityslieke on jaettu kahteen peräkkäiseen liikkeeseen (ensin oikealle kääntyminen, sitten vasemmalle kääntyminen) ja joka suoritetaan yhdellä liikennevälillä kerrallaan. Vasen-oikeaporrastuksessa on ylitettävä kaksi kaistaa kerrallaan. (Mahalel et al. 1986)

Liittymän muodosta johtuen porrastettu liittymä voi toisaalta aiheuttaa liikenteelle osin nelihaaraliittymää enemmän häiriöitä

Nelihaaraliittymän porrastaminen toisaalta sujuvoittaa liikennettä, mutta toisaalta myös häiriöt ja viivytykset pää- ja sivuteiden liikenteelle voivat osin lisääntyä nelihaaraliittymään verrattuna (Mahalel et al. 1986, Vejdirektoratet 2014). Porrastetun liittymän muoto voi osaltaan myös lisätä liikennehäiriötä nelihaaraliittymään nähden (Mahalel et al. 1986). Päätien liikenteelle häiriötekijöinä voidaan tunnistaa esimerkiksi hitaasti liikkuvat ajoneuvot ja ohitusmahdollisuuksien väheneminen (Mahalel et al. 1986, Sørensen & Mosslem 2009). Hitaasti liikkuvien ajoneuvojen määrän lisääntyminen on seurausta päätien ylittävistä sivuteiden ajoneuvoista. Nelihaaraliittymässä päätieta ylittävä sivutien liikenne ei häiritse päätien liikennettä, mikäli sivutieltä tuleva kuljettaja valitsee sopivan

ylitysvälin. Porrastetussa liittymässä sivutieltä päätien kautta toiselle sivutielelle kulkeva ajoneuvo ajaa päätietä alhaisemmalla nopeudella kuin mitä päätien keskinopeus porrastusvälillä on normaalisti. Tämä voi luoda häiriötä päätien liikenteelle ja jopa osin vähentää kokonaisvaltaista turvallisuustasoa. (Mahalel et al. 1986)

Porrastettu liittymä aiheuttaa osaltaan viivytystä myös sivuteiden läpikulkuliikenteelle, koska porrastetun liittymän ylitysmatka on nelihaaraliittymää pidempi (Bowen et al. 2014, Vejregler 2018). Lisäksi nelihaaraliittymän porrastamisen myötä sivutien tienkäyttäjät joutuvat tekemään aina yhden kääntymisliikkeen huolimatta siitä, mihin suuntaan he jatkavat sivutieltä (Vejdirektoratet 2014). Tämä voi osaltaan kasvattaa mahdollisuuksia onnettomuuksille. Tanskalainen käsikirja huomioi myös vasen-oikeaporrastukseen liittyvän ristiriidan (kuva 13). Riskinä voi olla, ettei kuvan 13 sivutien 1 suunnasta tuleva tienkäyttäjä havaitse, onko toiselta sivutieltä 2 tuleva tienkäyttäjä kääntymässä sivutielelle 1 vai jatkamassa päätietä suoraan (Vejregler 2018).



Kuva 13. Ristiriita vasen-oikeaporrastuksessa. Sivutien 1 suunnasta tuleva tienkäyttäjä ei välttämättä havaitse, onko toiselta sivutieltä 2 tuleva tienkäyttäjä kääntymässä sivutielelle 1 suuntaan A vai jatkamassa päätietä suuntaan B. (Vejregler 2018).

Mahalelin et al. (1986) tutkimuksessa häiriöiden määrän nähtiin lisääntyvän kahden kolmihaaraliittymän etäisyyden funktiona eli porrastusvälin kasvaessa. Tällä selittynee myös aiemmin esiin tuotu Brüden ja Larssonin (1987) tutkimustulos, jonka mukaan liittymän porrastamisen onnettomuuksia vähentävä vaikutus on suurempi porrastusvälin ollessa lyhyempi (alle 300 m). Pidempi porrastusväli aiheuttaa myös enemmän viivytystä erityisesti sivuteiden läpikulkuliikenteelle, koska liittymän ylitysmatka pitenee entisestään (Bowen et al. 2014, Vejregler 2018). Lisäksi se pidentää jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kulkureittiä ja toisin sanoen myös heidän matka-aikaansa (Rodgerdts et al. 2004). Toisaalta on selvää, ettei porrastusväli saa olla myöskään liian lyhyt, jotta päätien kanavoinnille ja kääntymiskaistoille on tarpeeksi tilaa (Bowen et al. 2014, Rodgerdts et al. 2004). Porrastusvälin ollessa lyhyt voi ilmetä tilaongelmia ja kahden kolmihaaraliittymän toimintojen sotkeentumista (Rodgerdts et al. 2004). Porrastusvälin ollessa riittävän suuri vältetään tilaongelmia ja liittymätoimintojen sotkeutumista. Lisäksi poistetaan suorien liikennevirtojen tienkäyttäjien väliset onnettomuudet, mikä johtuu siitä, että sivutieltä toiselle menevän tienkäyttäjän suoraan menevä liike korvautuu kahdella kääntymisliikkeellä (Vejregler 2018). Porrastettu liittymä sopii Mahalelin et al. (1986) mukaan paremmin taajaman ulkopuolelle, koska se vaatii suhteellisen paljon tilaa.

Yleisesti ottaen päätien liikenteen häiriötä porrastetussa liittymässä voidaan vähentää tekemällä oikea-vasenporrastetussa liittymässä päätielle vasemmalle kääntymiskaista ja vasen-oikeaporrastetussa liittymässä päätielle oikealle kääntymiskaista (Bared & Kaisar 2001, Mahalel et al. 1983). Kääntymiskaistan toteuttaminen on perusteltua. Esimerkiksi mikäli oikea-vasenporrastuksessa ei ole vasemmalle kääntymiskaistaa, kääntyvä ajoneuvo voi tukkia läpikulkevan liikenteen kaistan, mikä lisää onnettomuuksien mahdollisuutta (Mahalel et al. 1986). Mahalelin et al. (1986) mukaan oikea-vasenporrastus, jossa on vasemmalle kääntymiskaista, ei juurikaan aiheuta häiriötä päätien liikenteelle, erityisesti porrastusvälin ollessa lyhyt.

Porrastettu liittymä ei välttämättä ole sopiva ratkaisu, mikäli sivuteiden liikennemäärät ovat suuria ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä

Tutkimusten mukaan porrastettu liittymä vähentää enemmän henkilövahinko-onnettomuuksien määrää sivuteiden liikenteen osuuden ollessa suurempi (Brüde & Larsson 1987, Elvik et al. 2009). Toisaalta, jos sivuteiden läpimenevä liikennemäärä on korkea, liittymä voi olla Bowenin et al. (2014) ja Rodgerdtsin et al. (2004) mukaan turvallisempaa jättää perinteiseksi nelihaaraliittymäksi. Tässä tapauksessa liittymän muuttaminen nelihaaraliittymästä kahdeksi kolmihaaraliittymäksi loisi vain ylimääräistä kääntymisliikettä kummassakin kolmihaaraliittymässä (Bowen et al. 2014, Rodgerdts et al. 2004). Myös tanskalaisen käsikirjan mukaan porrastettu liittymä on vähemmän sopiva vaihtoehto nelihaaraliittymän tilalle turvallisuus ja kapasiteetti huomioon ottaen, mikäli sivutien liikennemäärät ovat suuria ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä (Vejregler 2018). Porrastettu liittymä vähentää mahdollisuutta suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen yhteen törmäämiseen, mutta kasvattaa Bowenin et al. (2014) mukaan toisaalta mahdollisuutta vähemmän vakaville törmäyksille, jotka liittyvät ajoneuvojen liikennevirtojen liittymiseen ja tilanteisiin, jossa ajoneuvo ylittää toisen ajoneuvon kaistan.

Porrastettu liittymä on hyvä vaihtoehto, mikäli liittymässä on selkeä pääsuunta ja pää- ja sivuteiden läpimenevät liikennemäärät ovat matalat (Bowen et al. 2014, Vejregler 2018). Candappa et al. (2007) ehdottavat, että porrastamisen jälkeen toteutettaisiin järjestelmällistä seurantaa tietyin ajanjaksoin, jotta nähdään turvallisuustoimenpiteen vaikutukset ja mahdollinen turvallisuuden heikkeneminen varhaisessa vaiheessa.

Nelihaaraliittymän porrastaminen voi parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta

Muiden tutkimusten tapaan myös Sørensen ja Mosslem (2009) toteavat porrastettujen liittymien vähentävän onnettomuuksien määrää eli parantavan objektiivista eli todellista turvallisuutta. Lisäksi Sørensenin ja Mosslemin (2009) tutkimuksen mukaan porrastettu liittymä voi parantaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kokemaa turvallisuutta.

Porrastetut liittymät voivat alentaa ajoneuvojen nopeustasoa. Päätien liikenteelle häiriöitä aiheuttavat hitaasti liikkuvat ajoneuvot ja ohitusmahdollisuuksien väheneminen ovat huonoja puolia autoilijoille, mutta toisaalta ne voivat olla etuja jalankulkijoille ja pyöräilijöille, koska päätien ajoneuvot voivat joutua alentamaan nopeutta (Sørensen & Mosslem 2009). Porrastettu liittymä alentaa muotonsa vuoksi myös sivuteiden läpikulkuliikenteen nopeutta (Vejregler 2018). Sørensenin ja Mosslemin (2009) mukaan ajoneuvojen nopeuksien alenemisesta on etua paitsi päätien ylittävälle jalankulkijoille ja pyöräilijöille, myös päätietä pitkin pyöräileville pyöräilijöille, mikä parantaa näiden suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden tunnetta. Erityisesti ylinopeuksien on tunnistettu aiheuttavan turvattomuutta suojaamattomille tienkäyttäjille (Klang et al. 2015). Liittymä voi vaikuttaa myös vähemmän hankalalta suojaamattomille tienkäyttäjille, koska suojaamattomat tienkäyttäjät kohtaavat pienemmän liikennemäärän kussakin kolmihaaraliittymässä verrattuna nelihaaraliittymää. Sørensen & Mosslem (2009) tarkastelevat suojaamattomien tienkäyttäjien osalta jalankulkijoita ja pyöräilijöitä, mutta vaikutukset mopoilijoiden kokemaan turvallisuuteen olisivat heidän lähestymistavan mukaan todennäköisesti saman suuntaiset.

Yhteenveto porrastettujen liittymien turvallisuudesta

Taulukossa 4 on esitetty yhteenveto edellä esitetyistä tutkimustuloksista porrastetun liittymän turvallisuuteen liittyen. Nelihaaraliittymän muuttamista porrastetuksi liittymäksi pidetään turvallisuutta edistävänä toimenpiteenä, erityisesti konfliktipisteiden määrän vähenemisen takia. Konfliktipisteiden määrän vähenemisen seurauksena puuttuvat risteävien suoraan menevien liikennevirtojen väliset onnettomuudet käytännössä kokonaan, mikä vähentää risteämisonnettomuuksia. (Tutkimustulos 1, Taulukko 4)

Taulukko 4. *Tutkimustulokset porrastettujen liittymien turvallisuudesta.*

Tutkimustulokset	
1.	Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää konfliktipisteitä ja risteämisonnettomuuksia.
2.	Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää vaikutuksen riippuessa erityisesti sivusuunnan osuudesta liittymään saapuvien ajoneuvojen määrässä.
3.	Porrastetussa liittymässä on turvallisuusetujen lisäksi myös joitakin toiminnallisia etuja.
4.	Liittymän muodosta johtuen porrastettu liittymä voi toisaalta aiheuttaa liikenteelle osin nelihaaraliittymää enemmän häiriöitä.
5.	Porrastettu liittymä ei välttämättä ole sopiva ratkaisu, mikäli sivuteiden liikennemäärät ovat suuria ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä.
6.	Nelihaaraliittymän porrastaminen voi parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta.

Nelihaaraliittymien porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää ja pienentää onnettomuusastetta. Nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutuksen suuruus riippuu erityisesti

sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuudesta. Sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuuden ollessa pieni ei liittymän porrastaminen paranna turvallisuutta. Vaikutus kasvaa sivutien liikenteen osuuden kasvaessa. (Tutkimustulos 2, Taulukko 4)

Turvallisuuden parantumisen lisäksi porrastetulla liittymällä on myös toiminnallisia etuja. Ensinnäkin liittymän muodosta johtuen päätie ja sivutiet on helpompi hahmottaa, jolloin väistämisvelvollisuusjärjestys on nelihaaraliittymää selkeämpi. Toisekseen konfliktipisteiden levittäytyessä laajemmalle alueelle kohtaa porrastetun liittymän läpi ajava kuljettaja vähemmän potentiaalisia ongelmia aikayksikössä kuin nelihaaraliittymän läpi mentäessä. Kolmanneksi, liittymän sujuvuus paranee. Pienemmät määrät potentiaalisia ongelmia ja liittymätoimintojen jakautuminen kahteen kolmihaaraliittymään vähentävät ruuhkaa liittymän keskialueella. Tällöin myös ajoneuvojen odotusajat ja pysähdysten määrä vähenevät. (Tutkimustulos 3, Taulukko 4)

Vaikka porrastetun liittymän ajatellaan osin parantavan sujuvuutta, on sen tunnistettu myös aiheuttavan liittymämuodon takia nelihaaraliittymää enemmän häiriötä. Päätien liikenteelle häiriöitä aiheuttavat hitaasti liikkuvat ajoneuvot ja ohitusmahdollisuuksien väheneminen. Sivuteiden liikenteelle päätien ylitysmatkan piteneminen. Myös suojaamattomien tienkäyttäjien kulkureitti pitenee. (Tutkimustulos 4, Taulukko 4) Joissakin tapauksissa liittymän porrastaminen voi olla perusteltua jättää kokonaan toteuttamatta. Mikäli sivuteiden läpimenevä liikennemäärä on korkea ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä, voi liittymä olla parempi jättää perinteiseksi nelihaaraliittymäksi. Tällöin vältetään ylimääräinen kääntymisliike. (Tutkimustulos 5, Taulukko 4)

Vaikka porrastettu liittymä voi aiheuttaa osaltaan nelihaaraliittymää enemmän häiriöitä ajoneuvoliikenteelle, voi se parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta nelihaaraliittymään verrattuna. Porrastettu liittymä voi muodostaan johtuen alentaa ajoneuvojen nopeustasoa ja liittymä voi vaikuttaa vähemmän hankalalta suojaamattomille tienkäyttäjille. (Tutkimustulos 6, Taulukko 4)

4.3 Aiemmat suomalaiset tutkimukset

Suomessa maanteiden porrastettujen liittymien turvallisuutta ovat tutkineet aiemmin Kulmala (1995) väitöskirjassaan ja myöhemmin Peltola ja Malin (2016) Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksessa. Näitä tutkimuksia tarkastellaan porrastettujen liittymien osalta.

Kulmalan (1995) väitöskirja

Väitöskirjassa tutkittiin taajaman ulkopuolella sijaitsevien kolmi- ja nelihaaraisten tasoliittymien turvallisuutta Suomessa vuosina 1983–1987. Liittymässä tapahtuneeksi onnettomuudeksi määriteltiin kaikki onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet enintään 200 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä. Kulmalan (1995) mukaan onnettomuusasteet

neli- ja kolmihaaraliittymissä ovat sitä korkeampia, mitä suurempi osuus ajoneuvoista tulee liittymään sivusuunnasta, joskin sivutien liikenteen merkitys on suurempi nelihaara- kuin kolmihaaraliittymässä. Ero pienenee sivutien liikennemääräosuuden vähentyessä. Kolmihaaraliittymissä keskimääräinen henkilövahinko-onnettomuuksien aste on pienempi kuin nelihaaraliittymissä. (Kulmala 1995)

Porrastettujen liittymien turvallisuutta tutkittiin vertaamalla porrastettuja liittymiä niitä vastaaviin nelihaaraliittymiin. Tutkimuksen mukaan nelihaaraliittymän porrastaminen parantaa liittymän turvallisuutta erityisesti henkilövahinko-onnettomuuksissa sivutien osuuden liittymään saapuvista ajoneuvoista ollessa yli 5 %. Mikäli puolet liittymään saapuvista ajoneuvoista tulee sivutieltä, vähenee henkilövahinko-onnettomuuksien määrä 23 %. Lisäksi tutkituista liittymistä havaittiin, ettei nelihaaraliittymän porrastaminen lisännyt turvallisuutta taajama-alueella vaan ennemminkin huononsi sitä, erityisesti sivutien liikenteen osuuden ollessa pieni. (Kulmala 1995)

Peltolan ja Malinin (2016) maanteiden tasoliittymien turvallisuustutkimus

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa tutkittiin maanteiden porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksia vuosilta 2011–2015. Liittymässä tapahtuneeksi onnettomuudeksi määriteltiin henkilövahinko-onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet enintään 100 metrin etäisyydellä taajamaliittymästä tai enintään 200 metriä taajaman ulkopuolisesta liittymästä. Tarkastelusta jätettiin pois eläinonnettomuudet, toisin kuin Kulmalan (1995) tutkimuksessa. Tutkimuksen mukaan kolmihaaraliittymässä henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusasteet ovat nelihaaraliittymää pienemmät. Tutkimustulokset vahvistivat aiempaa käsitystä, jonka mukaan sivutien liikennemääräosuuden kasvaessa myös henkilövahinko-onnettomuuksien riskit kohoavat kolmi- ja nelihaaraliittymissä.

Peltolan ja Malinin (2016) mukaan vasen-oikeaporrastuksessa henkilövahinko-onnettomuuksien riski (onn./100 milj.ajon.) on tutkimustulosten perusteella selvästi vastaavaa oikea-vasenporrastuksen riskiä pienempi (7,3 vs. 10,3), mutta kuoleman riskin osalta tilanne on päinvastainen (0,73 vs. 0,35). Peltola ja Malin (2016) arvioivat eroihin vaikuttavan satunnaisvaihtelun lisäksi eri porrastustapojen erilaiset käyttökohteet. Kuten nelihaara ja kolmihaaraliittymissä myös porrastetuissa liittymissä henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet ovat sitä suurempia, mitä suurempi on liittymään sivuteiltä saapuvien autojen osuus. Tarkasteltaessa porrastusvälin pituutta ovat henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet suurimmat liittymissä, joissa porrastusvälit ovat pisimpiä. Tällaisissa tapauksissa onnettomuudet kertyvät pidemmältä tiejaksolta kuin lyhyemmällä porrastusväleillä, mikä selittää osaltaan suurempaa onnettomuusastetta. Päätien nopeusrajoituksen osalta ovat henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet hieman korkeampia alle 70 km/h nopeusrajoituksella verrattaessa suurempiin nopeusrajoituksiin (≥ 70 km/h). (Peltola & Malin 2016)

4.4 Turvallisuuden edistäminen liittymissä

Tasoliittymäohjeessa liikenneturvallisuus on yksi liittymäsuunnittelun lähtökohdista. Muita lähtökohtia ovat tie- ja ympäristöolot, teiden toiminnallinen ja hallinnollinen luokka, liittymän liikennemäärät ja liikenne-ennuste ja käytettävissä oleva tila. (Tiehallinto 2001) Supreme (2007) mukaan tieinfrastruktuurin suunnittelu ja käyttö tulee järjestää siten, että tienkäyttäjät ymmärtävät, mitä heiltä odotetaan ja mitä he voivat odottaa liikenneympäristöltä. Lisäksi on huomioitava ihmisen rajallinen tiedonkäsittelykyky ja tästä johtuvat mahdolliset erehdykset. (Supreme 2007) Liikennejärjestelyjen perusedellytys onkin looginen, itseohjaava ja sääntöjen noudattamista tukeva liikenneympäristö. Liikenneympäristön ratkaisuilla voidaan osaltaan kannustaa ja ohjata ihmisiä vastuulliseen ja turvalliseen liikkumiseen sekä pienentää onnettomuuden vakavuutta. Turvallisuutta edistävillä liikenneympäristön ratkaisuilla voidaan vaikuttaa myös tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen (Heltimo & Korhonen 2016).

Eri aineistoissa esitetään hieman erilaisia lähestymistapoja liittymän turvallisuuden parantamiseen lähestyksen aiheesta yleisemmällä tasolla tai syventyen teknisempiin yksityiskohtiin. Tasoliittymäohjeen mukaan liittymän turvallisuutta voidaan edistää suunnittelemalla liittymään erilaisia tasoliittymäohjeessa esitettyjä turvallisuutta edistäviä ratkaisuja, kuten ajokaista- ja saarekejärjestelyt, valo-ohjaus, opastus ja valaistus sekä erilaiset järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille (Tiehallinto 2001). Konfliktipisteiden määrän vähentäminen, nopeuden kontrollointi, riittävien näkemien varmistaminen ja liittymätoimintojen selkeys ja sujuvuus nousevat tarkasteltavasta lähteestä riippumasta keskeisenä tekijänä turvallisuuden edistämisessä (esim. Hummel 2001, Liikennevirasto 2014, Mäkinen 2013, PIARC 2003, Tiehallinto 2002, TRUM 2018). Kuvassa 14 on esitetty liittymän turvallisuusperiaatteet yleisellä tasolla. Turvallisuusperiaatteet perustuvat maailman tieyhdistyksen (PIARC 2003) liikenneturvallisuuskäsikirjaan.

- Vähennä konfliktipisteitä ja erottele ne ajassa ja paikassa
- Osoita väistämisvelvollisuus selkeästi ja anna etuajo-oikeus päätien liikenteelle
- Määrittele ajoneuvojen kaistat
- Varmista riittävät näkemät
- Kontrolloi lähestyvien ajoneuvojen nopeutta
- Pidä tien reunaympäristö turvallisena
- Yksinkertaista ajamista
- Sujuvoita liikennettä ja minimoi tienkäyttäjien viivytykset
- Huomioi myös suojaamattomat tienkäyttäjät

Kuva 14. Liittymän turvallisuusperiaatteet (muokattu lähteestä PIARC 2003, s. 160).

Seuraavassa avataan turvallisuusperiaatteita eri lähteisiin perustuen tähdäten liittymän turvallisuuden parantamiseen. Tarkastelussa ei syvennyttä teknisiin yksityiskohtiin, vaan tarkastelu pidetään yleisellä tasolla. Tarkasteluun otetaan soveltuvin osin mukaan porrastettujen liittymien näkökulma.

Vähennä konfliktipisteitä ja erottele ne ajassa ja paikassa

Turvallisuuden edistämiseksi liittymien mahdolliset konfliktialueet tulee tunnistaa ja niiden määrä tulee minimoida (PIARC 2003). Liittymän porrastaminen vähentää konfliktipisteiden määrää ja erottelee ne ajassa ja paikassa, joten potentiaalisia ongelmia kohdataan nelihaaraliittymää vähemmän (Mahalel et al. 1986).

Osoita väistämisvelvollisuus selkeästi ja anna etuajo-oikeus päätien liikenteelle

Väistämisvelvollisuusjärjestelmän tarkoituksena on selkeyttää liikenneympäristöä ja korostaa tieverkon jäsentelyä tienkäyttäjän toiminnan selkeyttämiseksi (ELY 2011). Liikenteelle tulee osoittaa selkeä järjestys ja väistämisvelvollisuus, jotta kuljettaja ei tarvitse mitään erityistietoa siitä, miten liittymässä tulee kulkea (TRUM 2018). Porrastetun liittymän muodosta johtuen päätien sijainti on selkeämpi ja sivutiet on helpompi tunnistaa kuin nelihaaraliittymässä. (Mahalel et al. 1986) Porrastetussa liittymässä päätie on tavallisesti liikennemäärältään merkittävämpi tie, jonka liikennettä sivuteiltä tulevan liikenteen on väistettävä (Mahalel et al. 1986, Vejregler 2018, PIARC 2003). Väistämisvelvollisuus on osoitettava liikennemerkillä (ELY 2011). Mahalelin et al. (1986) mukaan stop-tai väistämisvelvollisuusmerkein ohjatulla porrastetulla liittymällä on toiminnallisia ja turvallisuusetuja, joten niitä tulisi suosia. Pohjoismaisten tutkimusten mukaan stop-merkki väistämisvelvollisuuden osoittajana kärkikolmion sijaan vähentää henkilövahinko-onnettomuuksia 20–45 % (Kulmala 1995). Tanskalaisessa käsikirjassa mainitaan porrastettujen liittymien yhteydessä stop-merkit, joita voidaan käyttää osoittamaan sivutien liikenteen väistämisvelvollisuutta (Vejregler 2018).

Määrittele ajoneuvojen kaistat

Kuten luvussa 3.3 tasoliittymätyyppien esittelyssä todettiin, kanavoinnin myötä liittymän havaittavuus paranee ja ajoneuvojen ajolinjat selkeytyvät ohjaten autoja oikeille ajolinjoille (Tiehallinto 2001). Kanavoinnin tuomia etuja ja haittoja käsiteltiin jo luvussa 3.3, joten kanavointia ei käsitellä tässä kohtaa tarkemmin, muuta kuin viitaten aiemmissa tutkimuksissa esiin nousseisiin tuloksiin kanavoinnin turvallisuudesta. Yhteenvetona voidaan kuitenkin todeta kanavoinnin turvallisuusvaikutuksenolevan kaksijakoinen: Yleensä liittymän havaittavuus paranee ja peräänajoriski vähenee, mutta toisaalta saarekkeet voivat muodosta törmäysriskin ja liittymän laajuuden lisääntyessä risteämisonnettomuudet voivat jopa lisääntyä (Mäkinen 2013, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002). Porrastettu liittymä voidaan kanavoida erottamalla päätien ajosuunnat toisistaan. Lisäksi voidaan tehdä päätieltä sivutielle kääntyville kääntymiskaistat, jotka ovat käytännössä oikea-vasenpor-

rastuksessa vasemmalle kääntymiskaistat ja vasen-oikeaporrastuksessa oikealle kääntymiskaistat. Väistötila on vasemmalle kääntymiskaistaa halvempi ratkaisu antaen suoraan meneville ajoneuvoille mahdollisuuden vasemmalle kääntyvän ajoneuvon ohittamiseen (Tiehallinto 2001, Vejregler 2018).

Kanavoinnin osalta voidaan tarkastella kolmihaaraliittymiin liittyviä tutkimuksia. Porrastettu liittymä koostuu kahdesta kolmihaaraliittymästä, joten kolmihaaraliittymän tarkastelu sopii liittymämuodosta johtuen myös porrastettujen liittymien järjestelyiden tarkastelemiseen. Rajamäen (2008) tutkimuksessa pääsuunnan vasemmalle kääntymiskaistan arvioitiin vähentävän kolmihaaraliittymän kääntymis-, risteämis- ja peräänajo-onnettomuuksia 20 %, sivutien osuuden liittymään saapuvista ajoneuvoista ollessa yli 5 %. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen mukaan henkilövahinko-onnettomuuksien riski on kanavomatonta liittymää pienempi, mikäli kolmihaaraliittymässä on joko oikealle tai vasemmalle kääntymiskaista. Sen sijaan kuolemanriski on tällöin suurempi. Elvikin et al. (2009) mukaan kanavointi vasemmalle kääntyville vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 17 %, mutta edellisestä poiketen kanavointi oikealle kääntyville lisää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 12 %. Väistötilaan liittyvät tutkimukset antavat jonkun verran toisistaan poikkeavia tuloksia, mutta tarkasteltujen suomalaisten tutkimusten perusteella ainakin henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski näyttää olevan pienempi väistötilallisissa kuin väistötilattomissa kolmihaaraliittymissä. Rajamäen (2008) tutkimuksen mukaan väistötila vähentää liittymän onnettomuuksia 10–15 % verrattuna liittymään, jossa ei ole väistötilaa. Peltolan ja Mesimäen (2019) tekemän väistötilatutkimuksen mukaan väistötilallisissa kolmihaaraliittymissä henkilövahinko-onnettomuuden onnettomuusaste (onn./100 milj.ajon.) on pienempi kuin väistötilattomissa kolmihaaraliittymissä (4,0 vs. 4,9). Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusaste on suurin piirtein yhtä suuri väistötilallisissa ja väistötilattomissa kolmihaaraliittymissä (0,26 vs. 0,25). (Peltola & Mesimäki 2019)

Varmista riittävät näkemät

Selkeät liittymäjärjestelyt ja hyvät näkemät ovat tärkeitä liittymän turvallisuuden kannalta. Näin ajoneuvon kuljettaja voi havaita liittymän riittävän etäältä ja pystyy saamaan jo ennen liittymään saapumista käsityksen siitä, miten liittymässä tulee ajaa. (Tiehallinto 2001) Hyvät näkemät parantavat myös suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta, näiden ylittäessä päätietä (ELY 2011). Näkemien kannalta suotuisia ovat suorat ja loivasti kaarevat tielinjat, eikä näkemäalueella saa olla näkyvyyttä rajoittavia esteitä (ELY 2011, Tiehallinto 2001). Näkemät voivat heiketä talvella lumesta ja kesällä kasvillisuudesta johtuen. Kunnossapitotoimilla, kuten puuston harventamisella, voidaan varmistaa riittävien näkemien toteutuminen eri vuodenaikoina (Mäkinen 2013). Tievalaistus parantaa liittymän havaittavuutta ja tienkäyttäjien näkyvyyttä, jolloin myös tienkäyttäjien kyky nähdä toisensa paranee. Tämä edesauttaa tienkäyttäjiä reagoimaan nopeammin ja tarkemmin toisiinsa pimeällä ja huonolla säällä (Rodgerdts et al. 2009, Tiehallinto 2001). Mäkelän ja Kärjen (2004) selvityksessä tievalaistuksen arvioitiin vähentävän koko vuorokauden

henkilövahinko-onnettomuuksia noin 17 % ja pimeän ajan henkilövahinko-onnettomuuksia 45–55 %. Valaistuksella voidaan osaltaan myös lisätä tienkäyttäjän turvallisuuden tunnetta (ELY 2011, Sørensen ja Mosslem 2009). Tien valaiseminen voi kuitenkin myös rohkaista kuljettajia ajamaan suuremmalla nopeudella näkyvyyden parantuessa, jolloin positiivinen vaikutus erityisesti suojaamattomien tienkäyttäjien koettuun turvallisuuteen vähenee (Sørensen & Mosslemi 2009).

Kontrolloi lähestyvien ajoneuvojen nopeutta

Nopeusrajoituksilla voidaan vähentää liikenneonnettomuuksien määrää ja onnettomuusriskiä sekä lieventää onnettomuuksien seurausten vakavuutta. Mikäli auton ajonopeus kasvaa kaksinkertaiseksi, jarrutusmatka nelinkertaistuu. Näin ollen pienikin ajonopeuden kasvu lisää pysähtymismatkaa ja kasvattaa samalla törmäysnopeutta. (Uljas et al. 2015) Mitä suurempi nopeus, sitä vakavammat ovat onnettomuuden seuraukset (Klang et al. 2015). Nopeusrajoitusjärjestelmällä luodaan tarkoitukseen sopivat nopeusrajoitukset erilaisiin liikenneympäristöihin. Pääteillä korostuu liikenteen sujuvuus ja matkojen pituudet. Tällöin kohtuullisen korkea ajonopeus voi olla perusteltua sen sopiessa liikenneympäristöön. Asunto-, keskusta- ja työpaikka-alueilla ajonopeuksien tulee olla huomattavasti pääteiden nopeutta alhaisempia. (Uljas et al. 2015)

Klangin et al. (2015) mukaan ajonopeus vaikuttaa kuljettajan mahdollisuuksiin välttää vaaratilanteet ja selvittää niistä. Korkeat ajonopeudet ovat erityisesti seurauksiltaan vakavien onnettomuuksien taustalla. Ajonopeuteen liittyviä taustariskejä ovat muun muassa ylinopeus ja liian suuri nopeus olosuhteisiin, taitoihin ja ajoneuvoon nähden. (Klang et al. 2015) Liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeutta voidaan kontrolloida nopeusrajoituksilla ja hidasteilla. Käytettäviä hidasteita ovat muun muassa ajoradan korotus eli töyssy, ajoradan kavennus, suojatien tai liittymän korottaminen, tärinäraidat ja turva- ja keskisaarekkeen rakentaminen. (Mäkinen 2013) Maanteille soveltuvia hidasteita ovat leveät suojatie- tai keskisaarekkeet, taajamaportit ja loivapiirteiset korotukset (ELY 2011). Sivutien tulppasaareke pakottaa sivutieltä tulevan liikenteen hidastamaan ja tätä kautta myös reagoimaan herkemmin ympäristöön (Bared & Kaisar 2001). Myös porrastetun muoto liittymä itsessään voi hidastaa ajoneuvojen nopeuksia (Mahalel et al. 1986, Mäkinen 2013, Sørensen & Mosslem 2009, Vejregler 2018).

Pidä tien reunaympäristö turvallisenä

Ajoneuvojen törmäykset tieympäristön ja tienvarren esteisiin kuten puihin, liikennemerkkeihin ja pylväisiin ovat Supremen (2007) mukaan merkittävä liikenneturvallisuusongelma. Tien reunaympäristön kohteiden sijoittelulla ja muotoilulla voidaan vähentää huomattavasti tällaisia törmäyksiä, joihin liittyy usein vakavia seurauksia (Supreme 2007). Tällaisen tien reunaympäristön pehmentämisen tarkoituksena on lieventää erityisesti suistumisonnettomuuksien seurauksia. Reunaympäristön turvallisuus ja tarve pehmentä-

miselle korostuvat erityisesti korkean nopeusrajoituksen teillä. Turvallisuutta voidaan lisätä esimerkiksi penger- ja siltakaiteiden riittävällä pituudella, sivuojen muotoilulla, puuston poistamisella ja harventamisella sekä myötäävillä valaisinpylväillä ja liikenne-merkeillä. (ELY 2011)

Yksinkertaista ajamista

Noudatettaessa samoissa tie- ja liikenneoloissa yhdenmukaista liittymän perusmuotoa edistetään tienkäyttäjien oppimista liikkumaan liittymissä oikein (Tiehallinto 2001). Yhtenäiset suunnitteluperiaatteet ja kokonaisuuksien suunnittelu on tärkeää liikenneympäristön turvallisuuden parantamisessa (Heltimo & Korhonen 2016). Näin voidaan luoda yhdenmukaista ja ennakoitavaa ympäristöä, jossa tienkäyttäjät tietävät, mitä heiltä odotetaan ja mitä he voivat puolestaan odottaa liikenneympäristöltä (Heltimo & Korhonen 2016, Supreme 2007). Hyvä liittymä on selväpiirteinen, jolloin kuljettaja saa kertasilmäyksellä kokonaiskuvan liittymästä ja muista tienkäyttäjistä. Hyvässä liittymässä liikenneympäristö ohjaa kuljettajaa siten, että kuljettaja saa käsityksen, miten liittymässä tulee ajaa ja ketä on väistettävä. (Tiehallinto 2002) Näin ajaminen pidetään yksinkertaisena ja voidaan ehkäistä tienkäyttäjien virheitä ja niistä seuraavia onnettomuuksia. Hyvät ajo-olosuhteet antavat tienkäyttäjälle edellytykset seurata liikenneympäristöä kokonaisuutena, jolloin kuljettajan ei tarvitse keskittyä ”tiellä pysymiseen” (Mäkinen 2013). Yhtenäiset toimintaperiaatteet, esimerkiksi hidasteiden toteuttamisessa tai nopeusrajoitusten asettamisessa, helpottavat toimenpiteiden suunnittelua ja toteuttamista (Heltimo & Korhonen 2016).

Sujuvoita liikennettä ja minimoi tienkäyttäjien viivytykset

Tienkäyttäjien viivytyksiä on syytä välttää, jotta liittymien palvelutaso pysyy hyvänä (Ojala et al. 2007) ja liikenne on sujuvaa. Mahdolliset viivästykset voivat osaltaan kannustaa tienkäyttäjiä suurempaan nopeuteen myöhemmin matkan aikana. Kiire on yksi yleisimmistä ylinopeudella ajamisen syistä (Klang et al. 2013). Myös ratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille liittymän ylitykseen tulisi toteuttaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän viivytystä matkan teossa. Tällä varmistetaan, että järjestelyjä todella käytetään, eikä liittymää ylitetä sattumanvaraisesta kohdasta. (Liikennevirasto 2014, Lesch et al. 2016) Porrastettu liittymä toisaalta sujuvoittaa liikennettä, mutta toisaalta voi aiheuttaa myös nelihaaraliittymää enemmän viivytyksiä liikenteelle (luku 4.2).

Mikäli liikennemäärät ovat suuret, voidaan liikennettä sujuvoittaa liikennevaloilla, mutta liikennemäärien ollessa pienet voi vaikutus olla päinvastainen (Cai et al. 2016, Liikennevirasto 2016a) Cain et al. (2016) mukaan porrastetuissa liittymissä ei pienten liikennemäärien takia tavallisesti ole valo-ohjausta. Liikennemäärän ollessa pieni lisäävät liikennevalot ajoneuvojen ja jalankulkijoiden viivytystä, mikä heikentää liikenteen sujuvuutta. Tarve valo-ohjaukselle lisääntyy liikennemäärien kasvaessa (Liikennevirasto 2016a).

Erityisesti päätien liikennemäärän kasvaessa sivutien liikenteen päätien ylittämiseen voivat käydä riittämättömiksi, minkä vuoksi voidaan tarvita valo-ohjausta jakamaan liikenteelle vuoroja (Cai et al. 2016). Liikennemäärän ollessa suuri ja vilkkaan liikenteen aikana liikennöinti valo-ohjatussa liittymässä yksinkertaistaa ja tekee liikennöinnistä valo-ohjaamatonta liittymää vaivattomampaa (Liikennevirasto 2016a). Cain et al. (2016) mukaan valo-ohjauksen vaihekaavioiden tekeminen on haastavaa porrastetun liittymän muodon takia. Valo-ohjauksen ajoitus on riippuvainen porrastustavasta ja porrastusvälistä (Cai et al. 2016). Suurin osa tässä työssä tarkastelluista maanteiden välisistä porrastetuista liittymistä Suomessa on niin vähäliikenteisiä, ettei valo-ohjaus ole käytännössä järkevää. Valo-ohjaus sopii lähinnä vilkkaisiin oikea-vasenporrastettuihin liittymiin taajama-alueilla (Cai et al. 2016, Liikennevirasto 2016a, Tiehallinto 2001, Vägverket 2004).

Huomioi myös suojaamattomat tienkäyttäjät

Jalankulun ja pyöräilyn erottamiselle autoliikenteestä harvaan asutussa maantieympäristössä on annettu erilliset ohjeet Liikenneviraston (2014) jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeessa. Ratkaisuina voidaan käyttää erottelua, leveää piennarta tai jättää erityiset järjestelyt toteuttamatta. Ratkaisun valinta riippuu nopeusrajoituksesta, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden määrästä, liikennemäärästä sekä tien toiminnallisesta luokasta. (Lesch et al. 2016). Moottoriajoneuvoliikenteen, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden erottelulla voidaan parantaa turvallisuutta, koettua turvallisuutta ja mukavuutta. Tarve liikennemuotojen erottelulle johtuu paljolti eri tienkäyttäjryhmien nopeus- ja kokoeroista sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden suojattomuudesta. (Liikennevirasto 2014) Järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille ovat sitä vaativampia mitä korkeampia ovat autojen nopeudet (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Esimerkiksi korkean ajonopeuden ja suurien liikennemäärien pääväylillä jalankulun ja pyöräilyn erottaminen moottoriajoneuvoliikenteestä on itsestäänselvyys (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Erottelutarve kasvaa myös käytettäessä väylää koulumatkoihin tai sen toimiessa merkittävänä työmatkaliikenteen yhteytenä (Liikennevirasto 2014). Liikennemuotojen erottelun tarpeeseen voidaan vaikuttaa autoliikenteen määrää rajoittamalla ja nopeuksia alentamalla (Liikennevirasto 2014).

Turvallisuuden varmistamiseksi maantieympäristössä pyritään siihen, että suojaamattoman liikenteen tienylitykset keskitetään mahdollisimman harvoihin paikkoihin (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Ajoin ylituskohdat pyritään sijoittamaan ensisijaisesti liittymiin, jotta vältetään teiden linjaosuuksilla tasossa olevia puolenvaihtoja (Lesch, et al. 2016). Liittymäratkaisut pyritään toteuttamaan pyöräilijät ja jalankulkijat huomioiden siten, että huomioon otetaan myös autoliikenteen määrä, nopeus ja luonne, kunnallistekniikka ja tulvareitit sekä eri käyttäjäryhmät (Liikennevirasto 2014). Jalankulun ja pyöräilyn risteämiset autoliikenteen kanssa voidaan toteuttaa joko tasossa tai eritasoratkaisuna. Tasojärjestelyihin liittyy aina turvallisuusriskejä (Lesch et al. 2016). Eritasoratkaisuna suojaamattomille tienkäyttäjille toteutetulla alikululla voidaan lisätä turvallisuutta (Liikennevirasto 2014). Eritasojärjestelyt ovat toisaalta kalliita ja aikaa vieviä, joten vähäisen

liikennemäärän, korkeiden kustannusten tai ympäröivän maankäytön takia liikennemuo-
tojen erottelu ei usein ole mielekästä. (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015, Tiehallinto
2001).

Vaikka eri liikennemuodot mahtuisivatkin fyysisesti samaan tilaan, saattavat tiellä liik-
kuvat tienkäyttäjät kokea liikkumisen turvattomaksi ja epämiellyttäväksi (Liikennevi-
rasto 2014). Alikulku todennäköisesti lisää myös suojaamattomien tienkäyttäjien koke-
maa turvallisuutta. Myös ajoradan korotetuilla saarekkeilla voidaan edistää jalankulkijoi-
den ja pyöräilijöiden turvallista liikkumista liittymässä, sillä saareke mahdollistaa tien
ylittämisen kahdessa vaiheessa (Liikennevirasto 2014, Mäkinen 2013, Tiehallinto 2002).
Nykyisten ohjeiden mukaan Suomessa voidaan toteuttaa suojatie nopeusrajoituksen ol-
lessa enintään 60 km/h (Lesch et al. 2016). Käytännössä tässä työssä soveltuvien turvalli-
suuden parantamistoimenpiteiden suojaamattomille tienkäyttäjille on eritasoratkaisuna toteu-
tettu alikulku. Taajaman ulkopuolisilla alueilla suojaamattomille tienkäyttäjille ei ole
yleensä osoitettu tasossa olevaa ylityskohtaa ollenkaan (Tiehallinto 2002). Suojaamatto-
mien tienkäyttäjien järjestelyistä porrastettujen liittymien osalta ei ole annettu suomalai-
sissa tasoliittymäohjeessa ja jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeessa mainittu
muuta kuin, että sivutien liittymähaarojen väliin voidaan tehdä alikulku (Liikennevirasto
2014, Tiehallinto 2001).

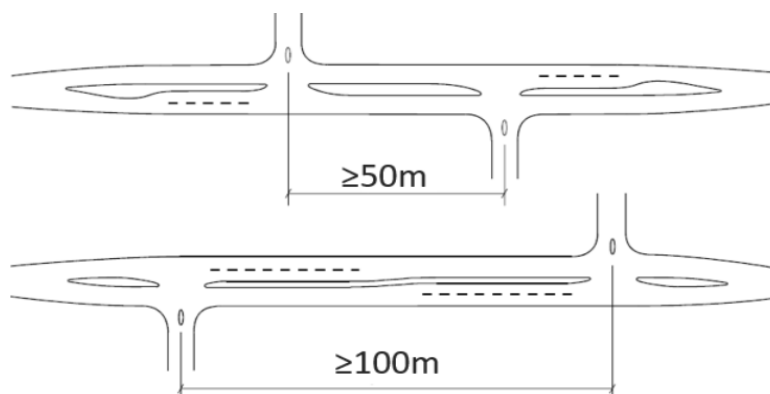
Tieliikennelain pykälän 8 mukaan mopoa tulee kuljettaa ajoradan oikean puoleisella pien-
tareella, mikäli sellainen on käytettävissä (Tieliikennelaki 267/1981). Mikäli piennar ei
ole ajokelpoinen, tulee mopoa kuljettaa niin lähellä ajoradan oikeaa reunaa kuin sitä on
turvallisuutta vaarantamatta mahdollista käyttää. Mopolla ajamista pyörätiellä ei yleensä
sallita taajamassa. Myös taajaman ulkopuolella mopoa on yleisesti ottaen kuljetettava ajo-
radalla tien nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h tai pienempi. (Liikennevirasto 2013) Ja-
lankulkijoille ja pyöräilijöille tarkoitetuilla väylillä mopot voivat aiheuttaa hitaammille
tienkäyttäjille yllättäviä vaaratilanteita ja turvattomuuden tunnetta (Liikenteen turvalli-
suusvirasto 2015). Mopoa voidaan kuitenkin kuljettaa tietyin ehdoin myös pyöräteillä
sekä taajamassa että taajaman ulkopuolella. Tämä tulee osoittaa ”Sallittu mopoille” -lisä-
kilvellä, joka osoittaa mopoille sallitun pyörätien aloituskohdan. Esimerkiksi silloin, kun
maantien nopeusrajoitus on 70 tai 80 km/h ja tiellä on paljon raskasta liikennettä, tien
piennar on kapea ja pyörätiellä on vähän käyttäjiä, sallitaan mopoilu pyörätiellä. (Liiken-
nevirasto 2013) Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeen mukaan mopoilu salli-
taan pyörätiellä myös lyhyellä matkalla valta- tai kantatien risteämiskohdassa, jos mo-
poille voidaan osoittaa selkeä ja turvallinen siirtymisreitti risteävän valta- tai kantatien
alittavalle pyörätielle. Lisäksi tien alituksen jälkeen mopoilijalle tulee olla selkeä ja tur-
vallinen siirtymisreitti pois pyörätieltä. (Liikennevirasto 2014)

5. PORRASTETTUIJEN LIITTYYMIEN SUUNNITTELUOHJEISTUKSIA MUISSA POHJOISMAISSA

5.1 Ruotsi

Ruotsin tieviranomaisen Trafikverketin (2018) raportissa tavanomaisina nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamistoimenpiteinä esitetään nelihaaraliittymän muuttaminen porrastetuksi liittymäksi tai kiertoliittymäksi. Turvallisuutta voidaan parantaa myös lisäämällä liittymään liikennevalot, rakentamalla eritasoratkaisu tai lisäämällä sivutielle liikennesaareke ja päätielle vasemmalle tai oikealle kääntymiskaista (Trafikverket 2018). Kahdesta kolmihaaraliittymästä muodostettu porrastettu liittymä voi olla tyypiltään oikea-vasen- tai vasen-oikeaporrastus. Mikäli vähiten kuormitetulla sivutiellä keskivuorokausiliikenne on yli 100 saapuvaa ajoneuvoa vuorokaudessa, tulisi Vägverketin (2004) mukaan harkita porrastettua liittymää. Tämä koskee sekä oikea-vasen- että vasen-oikeaporrastusta (Vägverket 2004).

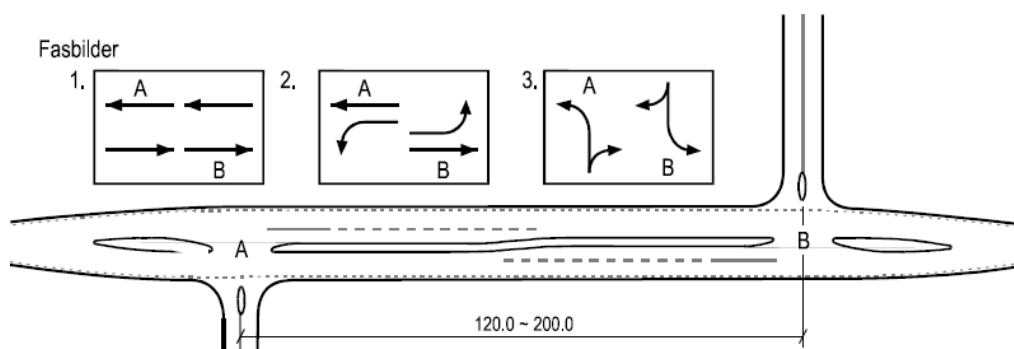
Porrastetussa liittymässä on yleensä vasemmalle kääntymiskaista, ja päätie on tyypillisesti kanavoitu liikennesaarekkeella. Tulo- ja poistumissuunnalla on yleensä yksi ajo-kaista, pois lukien vasemmalle kääntymiskaista päätiellä. Lisäksi sivutiellä on yleensä tulppa. Liikenteen sujuvuuden ja liikenneturvallisuuden saavuttamiseksi vasen-oikeaporrastuksessa liittymän porrastusväli tulee olla vähintään 50 m. Oikea-vasenporrastuksessa porrastusvälin tulee puolestaan olla vähintään 100 m, jotta liittymä voidaan kanavoida. Ilman kanavointia minimiporrastusväli on tässäkin tapauksessa noin 50 m. (Vägverket 2004) Porrastetun liittymän minimiporrastusvälit on havainnollistettu kuvassa 15, jossa ylhäällä on kuvattuna vasen-oikeaporrastus ja alhaalla oikea-vasenporrastus.



Kuva 15. Oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksen vähimmäisporrastusvälit ruotsalaisen ohjeistuksen mukaan (Vägverket 2004).

Kuten Suomessa myös Ruotsissa maaseutuolosuhteissa vasen-oikeaporrastuksen arvioidaan olevan parempi porrastustapa, koska tällöin vältetään maaseutuolosuhteissa kaikkein vaarallisinta päätieltä vasemmalle kääntymistä. Taajamaolosuhteissa puolestaan oikea-vasenporrastuksen arvioidaan olevan parempi porrastustapa, koska tällöin vähennetään taajamaolosuhteissa kaikkein vaarallisinta sivutieltä vasemmalle kääntymistä. (Vägverket 2004, Vägverket 2008)

Vägverketin (2008) mukaan lähekkäin olevissa liittymissä, sekä kolmihaara- että nelihaaraliittymissä, voi olla perusteltua toteuttaa valo-ohjaus ja sovittaa liittymien valo-ohjaus yhteen siten, etteivät ajoneuvot tuki liittymiä. Porrastetuissa liittymissä tämä tarkoittaa käytännössä valo-ohjauksen järjestämistä oikea-vasenporrastettuun liittymään (Vägverket 2004), mikä on myös suomalaisissa suunnitteluohjeissa esitetty valo-ohjauksen kannalta parempana porrastustapana. Oikea-vasenporrastetun liittymän liikennevalojen vaihekuvat on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Oikea-vasen-porrastuksen liikennevalo-ohjauksen vaihekuvat (Vägverket 2004).

Valo-ohjauksella ja kuvan 16 vaihekuvilla tähdätään selkeisiin ja sujuviin liikennejärjestelyihin. Näin voidaan estää liikenteen tukkeutuminen liittymässä (Vägverket 2004).

5.2 Norja

Norjalaisia porrastettuja liittymiä käsitteleviä julkaisuja ei Elvikin et al. (2009) liikenneturvallisuuskäsikirjassa olevan turvallisuuden liittyvän yhteenvedon lisäksi juuri löydy. Norjan tielaitoksen Vegdirektoratetin (2014) käsikirjassa käsitellään tasoliittymien suunnittelua. Porrastettu liittymä on lähinnä esitelty kuvana nelihaara- ja kolmihaaraliittymien käsittelyn yhteydessä. Myöhemmin käsikirjassa todetaan porrastetuista liittymistä seuraavaa: Porrastettu liittymä on yleensä parempi kuin nelihaaraliittymä, mikäli liittymä ei ole valo-ohjattu. Nelihaaraliittymää ei suositella käytettäväksi tiheään asuttujen alueiden ulkopuolella. Tiheään asuttujen alueiden ulkopuolella porrastettu liittymä on yleensä aina parempi kuin nelihaaraliittymä. Porrastettu liittymä voi olla tyypiltään vasen-oikeaporrastus tai oikea-vasenporrastus. Nelihaaraliittymän muuttaminen porrastetuksi liittymäksi vähentää onnettomuuksia sitä enemmän mitä suurempi on sivutien liikenteen osuus. (Vegdirektoratet 2014)

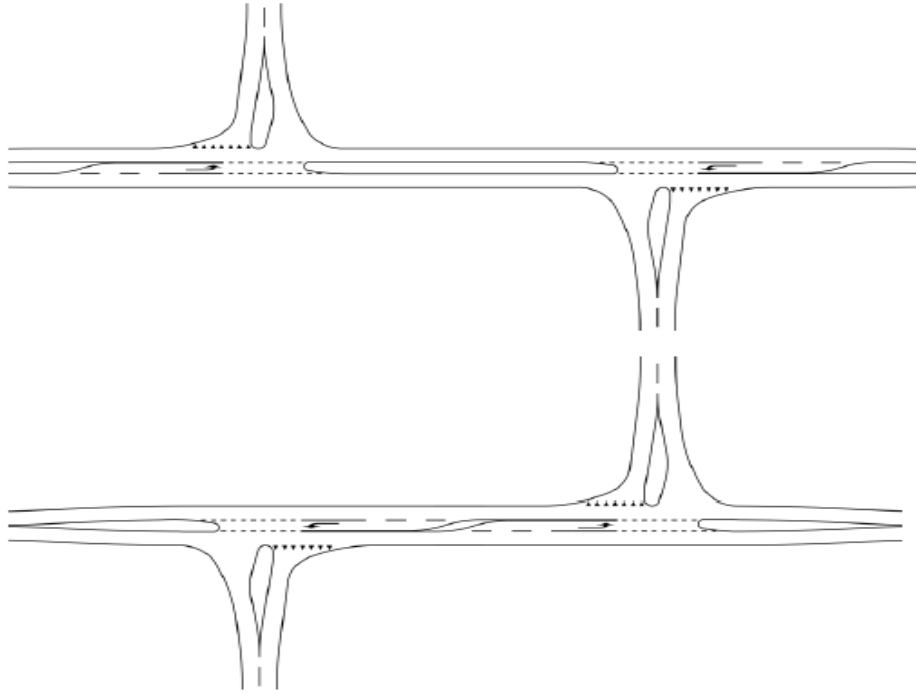
5.3 Tanska

Tarkasteltujen Pohjoismaiden osalta porrastettujen liittymien suunnitteluohjeistuksista löytyi eniten tietoa Tanskasta. Tanskalaisen käsikirjan (Vejregler 2018) mukaan nelihaaraliittymät, joissa sattuu paljon onnettomuuksia, on usein suositeltavaa muuttaa porrastetuksi liittymäksi. Myös uusissa liittymissä, joissa kaksi vähemmän merkittävää tietä yhdistetään merkittävämpään tiehen, tulee nelihaaraliittymää välttää turvallisuussyistä. Porrastettu liittymä muodostuu kahdesta kolmihaaraliittymästä, jolloin päätien molemmiin puoliin on sivutiet. (Vejregler 2018) Porrastettu liittymä voi olla porrastustavaltaan vasen-oikea- tai oikea-vasenporrastus. Porrastustavan valinta riippuu kapasiteetista ja rakentamiskustannuksista. Oikea-vasen porrastuksessa on tyypillisesti suurempi kapasiteetti kuin vasen-oikeaporrastuksessa. Porrastustavan valinnassa ratkaisevaa voivat olla myös olemassa olevan nelihaaraliittymän olosuhteet kuten sijainti ja sivuteiden liittymiskulmat. (Vejregler 2017, Vejregler 2018)

Porrastettujen liittymien suunnittelu vastaa suurelta osin tavallisten kolmihaaraliittymien geometriaa, joten tanskalaisissa suunnitteluohjeissa porrastettuja liittymiä ei käsitellä tarkemmin omana kokonaisuutenaan (Vejregler 2012). Porrastetuissa liittymissä on kuitenkin listattu erilaisia vaihtoehtoja sen mukaan, mitä suunnitteluratkaisuja niihin sisältyy. Käytettävät porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisut ovat: sivutien tulppa, päätien kanavointi, leveä keskialue, vasemmalle kääntymiskaista, oikealle kääntymiskaista, pyörätie ja eritasoratkaisu: alikulku tai silta (Vejregler 2012, Vejregler 2018).

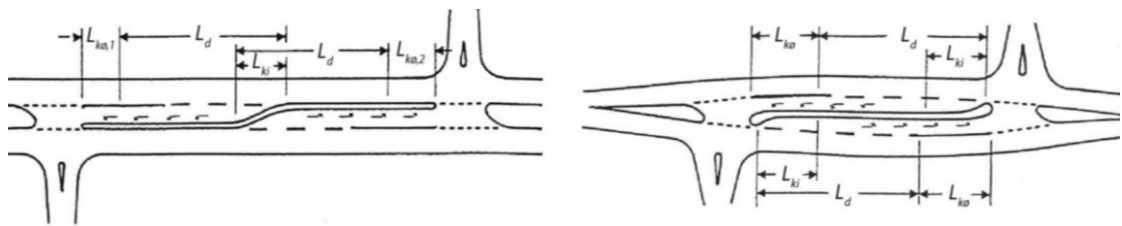
Tanskan suunnitteluratkaisut ovat pääosin samoja, joita käytetään Suomessa. Suomalaisissa suunnitteluohjeissa porrastettujen liittymien osalta ei noussut esiin leveää keskialuetta. Leveän keskialueen (ekstra bredt midterareal) osalta tanskalaisessa käsikirjassa mainitaan, että jo olemassa olevissa onnettomuusalttiissa liittymissä, joissa monet onnettomuudet liittyvät vasemmalle kääntymiseen, voidaan tätä ratkaisua käyttää tietyissä tilanteissa turvallisuutta edistävänä toimenpiteenä. Kuitenkaan leveän keskialueen käyttöä ei yleensä suositella, sillä järjestely lisää liittymän kokonaisleveyttä tuoden ylimääraisiä vaatimuksia sivutien tienkäyttäjille. (Vejregler 2012) Porrastettujen liittymien yhteydessä on myös maininta Suomessakin kolmihaaraliittymissä käytettävästä väistötilasta. Käsikirjan mukaan väistötilaa ei tulisi käyttää vasen-oikeaporrastuksessa, sillä riskinä voi olla, ettei väistötilan jälkeiseltä toiselta sivutieltä tuleva tienkäyttäjä havaitse päätieltä tulevaa väistötilaa käyttävää ajoneuvoa (Vejregler 2018).

Oikea-vasenporrastuksessa päätiellä tulisi olla vasemmalle kääntymiskaistat. Vasemmalle kääntymiskaistoja suositellaan käytettäväksi myös vasen-oikeaporrastuksessa liittymään saavuttaessa. (Vejregler 2017) Kuvassa 17 on esitetty vasemmalle kääntymiskaistat molemmissa porrastustavoissa.



Kuva 17. Vasemmalle kääntymiskaistat vasen-oikea- (ylhäällä) ja oikea-vasenporrastuksessa (alhaalla) (Vejregler 2018).

Oikea-vasenporrastetussa liittymässä sivuteiden välisen etäisyyden tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta tilaa vievät vasemmalle kääntymiskaistat voidaan sijoittaa porrastusvälille (Vejregler 2017). Suomalaisen tasoliittymäohjeen tapaan vasemmalle kääntymiskaistat voidaan sijoittaa joko peräkkäin tai rinnakkain. Kuvassa 18 on esitetty vasen-oikeaporrastetun liittymän vasemmalle kääntymiskaistojen toteutustavat. Mikäli liittymässä kulkee sivutieltä toiselle paljon hitaasti liikkuvaa liikennettä, kuten maatalousajoneuvoja, tulee vasemmalle kääntymiskaistat sijoittaa rinnakkain. Tällaisessa tilanteessa on tärkeää suunnitella liittymä siten, että kahden sivutien välinen liikenne voi kulkea mahdollisimman suoraan vasemmalle kääntymiskaistalle. (Vejregler 2017) Myös kuvasta 18 nähdään, että rinnakkaiset kääntymiskaistat ovat tässä tapauksessa parempi vaihtoehto, koska hitaasti liikkuvan ajoneuvon ei tarvitse ajaa yhtä pitkää matkaa päätien suoraan menevällä kaistalla verrattuna liittymään, jossa kääntymiskaistat ovat peräkkäin.



Kuva 18. Vasen-oikeaporrastetun liittymän vasemmalle kääntymiskaistat peräkkäin (vasemmalla) ja rinnakkain (oikealla) tanskalaisen suunnitteluohjeen mukaan (Vejregler 2018).

Porrastusvälin tulee tanskalaisten ohjeiden mukaan olla vähintään 30–40 m. Tällöin ehkäistään sivuteiden välisen liikenteen vinottainen risteävä ajaminen liittymän läpi, jota voisi syntyä porrastusvälin ollessa pienempi. (Vejregler 2017, Vejregler 2018) Mikäli vasen-oikeaporrastettuun liittymään tehdään tai tarvitsee mahdollisesti myöhemmin tehdä oikealle kääntymiskaista, porrastusvälin tulisi tanskalaisen käsikirjan mukaan olla pituudeltaan sellainen, että sivutieltä toiselle menevällä tienkäyttäjällä on kääntyessään ensimmäiseltä sivutieltä vasemmalle päätien suuntaan mahdollisuus mennä suoraan oikealle kääntymiskaistalle. (Vejregler 2017) Sivutieltä toiselle sivutielle kulkevat hitaasti liikkuvat ajoneuvot, kuten maatalousajoneuvot, voivat lisätä vasen-oikeaporrastuksessa oikealle kääntymiskaistojen tarvetta nelihaaraliittymään verrattuna (Vejregler 2017).

6. ASIAANTUNTIJOIDEN NÄKEMYKSIÄ PORRAS- TETUISTA LIITTYMISTÄ

6.1 Asiantuntijakyselyt

6.1.1 Vastaajien valinta

Luvuissa 6.1.1–6.1.3 on esitetty kyselyjen toteutus ja analysointitapa. Tämän jälkeen luvuissa 6.2–6.4 on esitetty tulokset kyselyvastauksista.

Vastaajien valinnassa käytettiin harkintaan pohjautuvaa otantaa. Harkintaan pohjautuvassa otannassa vastaajat voidaan rajata esimerkiksi toimenkuvaan liittyen tai arvioimalla vastaajan soveltuvuutta tutkimuskysymys huomioiden (Saunders et al. 2009). Vastaajaksi valittiinkin asiantuntijoita, joiden toimenkuvaan kuuluu liikenteen suunnitteluun liittyviä tehtäviä. Sekä suomalaiset että ulkomaalaiset asiantuntijavastaajat valittiin Väyläviraston yhteyshenkilöiden avulla ja heiltä saatiin myös vastaajien sähköpostiosoitteet.

Suomalaisiksi asiantuntijoiksi valikoitui ryhmä Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten suunnittelupäälliköitä ja liikenneturvallisuusinsinöörejä, joita oli yhteensä 18. Ulkomaalaisiksi asiantuntijoiksi valittiin tutkimukseen liittyvässä ohjauspalaverissa ehdotetun mukaisesti vastaajat Pohjoismaiden osalta Norjasta, Ruotsista ja Tanskasta sekä muista Euroopan maista: Alankomaista, Iso-Britanniasta, Itävallasta, Saksasta ja Ranskasta. Näin ulkomaalaisten vastaajien otannaksi saatiin kahdeksan asiantuntijaa, jotka ovat vastaavia liikennealan asiantuntijoita kuin suomalaiset asiantuntijat. Pohjoismaiset asiantuntijat kuuluvat Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumiin ja muiden maiden asiantuntijat kansainväliseen CEDR-liikenneturvallisuustyöryhmään.

6.1.2 Kyselyjen toteutus

Kyselyt toteutettiin sähköpostikyselynä. Tähän päädyttiin, koska suomalaiset asiantuntijat ovat eri puolella Suomea ja ulkomaalaiset asiantuntijat eri maissa. Toteutustapa antaa vastaajille mahdollisuuden vastata kyselyyn paikasta riippumatta ja itselle parhaiten sopivaan aikaan. Hirsjärvi et al. (2009) ja Saunders et al. (2009) tunnistavatkin erityisesti internetin välityksellä toteutettavan kyselyn eduksi juurikin nopeuden ja vaivattoman aineiston saannin ajasta ja paikasta riippumatta. Lisäksi kyselyn aihe on sen verran erityinen, että siihen voi olla myös tarvetta perehtyä tarkemmin. Ajasta riippumaton kysely antaa mahdollisuuden perehtyä asiaan silloin, kun vastaajalle parhaiten sopii.

Suomalaisille asiantuntijoille tehtävien kyselyjen tarkoituksena oli saada tietoa siitä, millainen käsitys asiantuntijoilla on porrastettujen liittymien turvallisuudesta ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Ulkomaalaisille asiantuntijoille tehtävässä kyselyssä oli puolestaan tarkoitus selvittää, toteutetaanko porrastamista muissa Euroopan maissa kuin Suomessa ja mitä ajatuksia ulkomaalaisilla asiantuntijoilla on porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Kyselyssä käytettiin avoimia kysymyksiä. Avoimet kysymykset antavat vastaajille mahdollisuuden kertoa kaiken, mitä hänellä on mielessä aiheeseen liittyen ja vastaukset voivat olla hyvinkin yksityiskohtaisia (Hirjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009). Täten avoimet kysymykset sopivat hyvin tässä tutkimuksessa käytettävään kyselyyn, sillä asiantuntijoiden halutaan tuovan kattavasti esille omat näkemyksensä aiheesta. Monivalintakysymyksillä ei välttämättä olisi saatu tarpeeksi kattavasti asiantuntijoiden omia näkemyksiä. Hirjärven et al. (2009) monivalintatyypiset kysymykset saattavat kahdella vastaajan valmiiksi asetettuihin vaihtoehtoihin.

Kyselyn avoimet kysymykset liittyvät tutkimuksen alatutkimuskysymyksiin, ja ne muodostettiin siten, että niitä voitiin analysoida teemoittain. Kyselyn lopulliseen rakenteeseen päädyttiin kommentoinnin ja testaamisen kautta. Kyselystä muodostettiin ensin ensimmäinen versio, johon pyydettiin kommentteja työn ohjaajilta Väylävirastosta ja Tampereen yliopistosta. Kommenttien ja ehdotusten pohjalta kyselyä muokattiin ja lähetettiin edelleen kommentoitavaksi työn ohjaajalle Väylävirastossa. Lisäksi kyselyä testattiin pyytämällä kommentteja mahdolliselta potentiaaliselta vastaajalta. Kommenttien perusteella kyselyä edelleen muokattiin, jolloin suomalaisille ja ulkomaalaisille asiantuntijoille lähetettävät kyselyt saivat lopullisen muotonsa. Suomalaisille asiantuntijoille lähetetty kysely on esitetty liitteessä A ja ulkomaalaisille asiantuntijoille lähetetty kysely liitteessä B. Liitteiden kyselyistä on jätetty pois tarkat osoite- ja numerotiedot. Kyselyjen toteutusvaiheessa Väylävirasto toimi nimellä Liikennevirasto ja Tampereen korkeakoulujen yhdistymisen vuoksi Tampereen teknillinen yliopisto on nykyään Tampereen yliopisto. Muutokset tulivat voimaan vuoden 2019 alusta.

Kysely lähetettiin suomalaisille asiantuntijoille sähköpostilla 5. marraskuuta ja vastausaikaa annettiin 23. marraskuuta 2018 asti. Kysely lähetettiin sähköpostilla yhdelle asiantuntijalle jokaisesta valitusta maasta 15. marraskuuta ja vastausaikaa annettiin 5. joulukuuta 2018 asti. Kysely lähetettiin jokaiselle suomalaiselle ja ulkomaalaiselle asiantuntijalle henkilökohtaisesti. Tämän ja kohteliaan saatetekstin ajateltiin lisäävän vastaamisen todennäköisyyttä. Vastausaikaa ollessa jäljellä reilu viikko lähetettiin asiantuntijoille muistutusviesti kyselyyn vastaamisesta. Jokaista kyselyyn vastannutta kiitettiin henkilökohtaisesti sähköpostilla vastaamisesta.

Suomalaisista asiantuntijoista kyselyyn vastasi yhteensä kahdeksan asiantuntijaa eli hie-
man alle puolet. Ulkomailta saatiin yhteensä neljä vastausta eli puolet asiantuntijoista
vastasi kyselyyn. Vastaukset saatiin Ruotsista, Tanskasta, Saksasta ja Ranskasta. Loppu-
tulemana voidaan todeta, etteivät läheskään kaikki asiantuntijoista vastanneet kyselyyn.

Näin siitä huolimatta, että kyselystä laitettiin muistutusviesti ja osa ulkomaalaisista vastaajista lupasi vielä palata asiaan myöhemmin vastausajan sisällä. Hirsjärvi et al. (2009) tunnistavatkin kyselyjen suurimmaksi ongelmaksi vastauskadon, jolloin osa vastauksista jää saamatta. Mahdollinen vastaamattomuus oli jo ennakkoon tiedostettu, sillä yksittäiset sähköpostit hukkuvat helposti sähköpostimassaan ja päivittäiset muut työtehtävät vievät helposti asiantuntijoiden ajan ylimääräiseltä tekemiseltä. Kuitenkin korkeaa vastausprosenttia tärkeämpää lähetetyissä kyselyissä oli saada laadukkaita vastauksia ja tässä onnistuttiin hyvin.

6.1.3 Kyselyaineiston analysointi

Saundersin et al. (2009) mukaan aineisto tulee valmistella analyysia varten tunnistamalla oleellinen aineisto ja hylkäämällä turha, joten ensimmäiseksi kyselyvastauksista tunnistettiin lopulliseen käsittelyyn otettava aineisto. Suomalaisilta asiantuntijoilta saatiin kahdeksan vastausta. Yksi vastanneista oli vastannut kyselyyn yhdellä lauseella, mutta muut olivat vastanneet kaikkiin tai lähes kaikkiin kysymyksistä. Tämä yksi vastaus päätettiin jättää pois tarkastelusta, jotta vastaukset olisivat vertailukelpoisia toistensa kanssa. Lopulliseen tarkasteluun otettiin siis seitsemän asiantuntijan antamat vastaukset. Vastaavasti ulkomaisista asiantuntijoista yksi ei vastannut suoraan kyselyssä esitettyihin kysymyksiin. Vastaus päätettiin kuitenkin ottaa mukaan, sillä siinä esitetään porrastetulle liittymälle erilainen vaihtoehto, jota ei ole Suomessa käytössä. Vastauksia tarkasteltiin ulkomaiden osalta neljästä maasta Ruotsista, Tanskasta, Saksasta ja Ranskasta.

Kyselyvastaukset käsiteltiin nimettömänä, jotta vastauksia ei voida yhdistää tiettyihin henkilöihin. Näin ollen asiantuntijoiden nimet jätettiin pois tulosten esittelystä. Suomalaisista seitsemästä asiantuntijasta käytettiin seuraavia lyhenteitä: A1, A2, A3, A3, A4, A5, A6 ja A7. Ulkomaalaisiin asiantuntijoihin viitattiin kunkin asiantuntijan kansalaisuuden mukaan: ruotsalainen, tanskalainen, saksalainen ja ranskalainen asiantuntija. Esitystavan avulla lukijalle selviää, kuka asiantuntijoista oli mitäkin mieltä. Lisäksi selviää, missä määrin ja miten yhtenevästi asiantuntijat esittivät eri näkemyksiä. Tällä varmistetaan tulosten esitysten luotettavuus.

Olennaisen aineiston tunnistamisen jälkeen, laadullisen aineiston analyysissa voidaan noudattaa seuraavia Erikssonin ja Kovalaisen (2008) ja Saundersin et al. (2009) erottelemia vaiheita: 1. vastausten tiivistäminen, 2. aineiston luokittelu ja 3. yhteenveto ja tulokset. Ensimmäisessä vaiheessa kerätty aineisto tiivistetään keskeisimpien havaintojen esille saamiseksi. Laadullisen aineiston ymmärrys syntyy tyypillisesti tulkitsemalla sanoja ja luokittelemalla kerätty data eri kategorioihin, joten toisessa vaiheessa saatu aineisto luokitellaan. Tämän jälkeen luokitellusta aineistosta, tässä tapauksessa kyselyvastauksista, tehdään yhteenveto, jossa voidaan tunnistaa vastausten välisiä yhteyksiä ja eroavaisuuksia sekä löytää mielenkiintoisia havaintoja tutkittavaan aiheeseen liittyen. (Eriksson & Kovalainen 2008, Saunders et al. 2009) Yhteenvedon pohjalta esitetään tulokset, joita voidaan peilata myös kirjallisuuteen (Ellram 1996).

Tämän tutkimuksen kyselyjen analysointi tapahtui yllä mainitulla tavalla. Ensin vastaukset tiivistettiin ja sen jälkeen luokiteltiin. Luokittelu erosi hieman suomalaisten ja ulkomaalaisten kyselyvastausten välillä. Suomalaiset asiantuntijavastaukset käsiteltiin omana joukkonaan. Tulokset esitetään kyselyjen avointen kysymysten (liite A) mukaan jaettuna viiteen teemaan: Nelihaaraliittymän porrastaminen, Porrastettujen liittymien turvallisuus, Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut, Porrastuksen paras toteutustapa ja Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioiminen. Kuudes teema olisi voinut olla esimerkiksi Muut esille nousseet asiat aiheeseen liittyen, koska kyselyn viimeisessä kysymyksessä asiantuntijoiden oli mahdollisuus esittää muita ajatuksia aiheesta. Viimeisen kysymykseen saadut vastaukset täydensivät kuitenkin hyvin edellisiä kohtia, joten tässä kohtaa esiin nousseet asiat oli tarkoituksenmukaista lisätä sopiviin teemoihin liittyviin vastauksiin ja yhdistää niihin.

Ulkomaalaiset kyselyvastaukset käsiteltiin myös omana joukkonaan. Ulkomaalaisten kyselyjen tulokset luokiteltiin myös kyselyn avointen kysymysten (liite B) mukaan jaettuna teemoittain: Nelihaaraliittymän turvallisuuden parantaminen, Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut ja paras toteutustapa, Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioiminen ja Suositeltavia tutkimuksia porrastetuista liittymistä. Kyselyn toinen ja kolmas kysymys yhdistettiin samaan teemaan: Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut ja paras toteutustapa. Tähän päädyttiin, koska vastaukset olivat erikseen tarkasteltuna suppeita, ja näiden kahden kysymyksen vastaukset täydensivät toisiaan hyvin. Suomalaisten ja ulkomaalaisten asiantuntijakyselyiden vastauksista tehtiin lopuksi yhteenvedot, jossa tuotiin esiin ulkomaalaisten ja suomalaisten asiantuntijavastausten perusteella esiin nousseet keskeiset tulokset ja ajatukset. Suomalaisille ja ulkomaalaisille toteutettujen kyselyjen tulokset ja yhteenvedot on esitetty seuraavaksi.

6.2 Suomalaisille asiantuntijoille toteutetut kyselyt

Tässä luvussa esitellään asiantuntijakyselyiden tulokset. Koska vastaukset käsiteltiin nimettömänä, suomalaisista seitsemästä asiantuntijasta käytetään seuraavia lyhenteitä: A1, A2, A3, A4, A5, A6 ja A7. Vastaavasti seuraavassa luvussa käsitellään ulkomaalaisten asiantuntijoiden vastauksia, joissa asiantuntijoihin viitataan kunkin asiantuntijan kansallisuuden mukaan: ruotsalainen, tanskalainen, saksalainen tai ranskalainen asiantuntija.

Nelihaaraliittymän porrastaminen

Porrastettua liittymää pidettiin pääasiassa hyvänä vaihtoehtona parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta maanteillä (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7). Toki, tietyn rajauksin (A7). Porrastettu liittymä sopii varsinkin pääteille (valta- ja kantatiet) ja seututeille (maaseutu, taajamien reuna-alueet, ohikulut) (A3, A5), kun sivutieltä saapuu paljon liikennettä (A3) tai joissa on jo jonkun verran risteävää liikennettä (A5). Erityisesti pitkämatkaista liikennettä ajatellen porrastettu liittymä todettiin toimivaksi ratkaisuksi, sillä se ei huononna

päätien sujuvuutta verrattuna esimerkiksi kiertoliittymään (A3, A5). Porrastetussa liittymässä pääsuunta saadaan pidettyä korkeatasoisena ja ikävät risteämisonnettomuudet vähenevät (A5). Porrastuksia tehdään harvoin samalle tiejaksolle edistämään liikenteen sujuvuutta. Porrastuskohteiksi valitaan tavallisesti onnettomuusriskiltään esiin nousseita kohtia (A6).

On myös tilanteita, joissa porrastettu liittymä ei ole sopiva ratkaisu. Yksi asiantuntijoista (A5) totesi porrastetun liittymän olevan ratkaisuna ”ikävä mutta toimii”. Toinen asiantuntija kritisoi porrastettujen liittymien tulleen yllättävän kalliiksi, sillä joissakin tapauksissa porrastettuihin liittymiin on pitänyt toteuttaa myöhemmin esimerkiksi valo-ohjaus, koska ratkaisu ei ole aina ollut riittävä. Hän huomauttikin, ettei porrastettua liittymää tulisi käyttää kohdassa, jossa liittymään toimivuus vaatisi järeämpiä toimia ja muita vaihtoehtoja. (A7) Esimerkiksi suuret liikennemäärät ja maankäyttö saattavat aiheuttaa jatkuvasti ylitystarvetta, mikä aiheuttaa vaaratilanteita muun muassa työssäkäyntiliikenteelle (A6). Muut vaihtoehdot saatetaan kuitenkin sulkea pois esimerkiksi hinnan tai liikennemäärän takia (A2). Porrastusta käytetäänkin paikoin myös ensimmäisen vaiheen toimenpiteenä ennen kuin päätiejaksolle on varaa toteuttaa kalliimpia ratkaisuja (A3, A6).

Muista vaihtoehtoista mainittiin ensisijaisesti kiertoliittymä (A1, A3, A5, A7) ja eritasoliittymä (A1, A2, A3, A5). Kiertoliittymää pidettiin turvallisempana ratkaisuna (A1, A5). Se sopii taajamien ulkopuolelle sivusuunnan liikennemäärän ollessa suuri (A1). Kiertoliittymä lähes aina toimivampi ja turvallisempi vaihtoehto taajamissa, taajamien porttikohdissa (saavuttaessa taajamaan) ja matalamman nopeustason alueella (A3, A5). Eritasoliittymän arvioidaan olevan myös pääosin turvallisempi ja sujuvampi ratkaisu (A4), varsinkin mikäli liikennemäärät erityisesti risteävällä suunnalla ovat suuret (A1, A5). Yksi asiantuntijoista kuitenkin huomautti, että eritasoliittymissä on arvioitava rampien aiheuttama kiertohaitta. Usein todetaan eritasoliittymien parantavan sujuvuutta, mutta se ei välttämättä aina pidä paikkaansa muulloin kuin ruuhka-aikana. (A1)

Joissakin tilanteissa nelihaaraliittymän porrastaminen voi olla perusteltua jättää tekemättä. Esimerkiksi tilanteessa, jossa sivusuunnat ovat hyvin vähäliikenteisiä tai toinen sivutien haara on merkityksetön, on porrastuksen vaikutus vähäinen eikä se liene kustannustehokasta (A3). Kiertoliittymän ja eritasoliittymän lisäksi nelihaaraliittymän parantamisen kevyempinä ratkaisuinä mainittiin turvasaarekkeet (A1, A2, A4, A7) ja valo-ohjaus (A3, A7). Erään asiantuntijan mukaan nelihaaraliittymä voi olla turvallinen ratkaisu, jos tehdään sivusuunnan turvasaarekkeet ja sivusuuntien liikennemäärät ovat melko pieniä. On myös hyvä tehdä vasemmalle kääntymiskaista. (A1) Turvasaarekkeet ovat varteenotettava edullinen vaihtoehto erityisesti maaseutumaisilla teillä, mikäli maankäyttö ei salli kahta kolmihaaraliittymää. Ratkaisu ei tosin ole sopiva, mikäli liittymässä on paljon raskasta liikennettä. (A2) Yksi asiantuntijoista haastoi miettimään, milloin porrastusta tarvitaan, jos toisena vaihtoehtona on paljon halvemmat turvasaarekkeet, paljon turvallisempi kiertoliittymä ja paljon turvallisempi ja sujuvampi eritaso (A4). Toisen asiantunti-

jan mielestä miniporrastuksen ja piasaraarekkeiden käyttöä tulisi tutkia myös jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kannalta, sillä niissä ei välttämättä ole esimerkiksi liittymän laajuudesta aiheutuvaa epäselvyyttä ja ongelmaa näille tienkäyttäjille. (A6)

Porrastettujen liittymien turvallisuus

Asiantuntijat kokivat porrastetut liittymät pääasiassa turvallisiksi ja turvallisuuden koettiin parantuneen porrastamisen myötä (A1, A2, A3, A4, A6, A7). Porrastetun liittymän turvallisuus on parempi kuin nelihaaraliittymän varsinkin päätien ollessa kanavoitu (A1, A7). Porrastus vähentää tai jopa poistaa ajoneuvoliikenteen risteämisonnettomuudet kokonaan (A4, A6). Toisaalta porrastetuissa liittymissä on myös turvallisuuteen liittyviä huonoja puolia. Vaikka risteämisonnettomuuksista päästäisiin eroon, tilalle tulevat mahdolliset kääntymisonnettomuudet (A4) ja erityisesti vasemmalle kääntyminen on ongelma (A7). Erään asiantuntijan mukaan ratkaisu on aina hieman sekava. Lisäksi päätien poikki risteävä liikenne on riskialtista ja porrastus hidastaa liikennettä, koska sivutieltä sivutielle kuljettaessa joudutaan kääntymään kaksi kertaa (A4). Yksi asiantuntijoista pohti, että jalankulun, pyöräilyn ja mopoilun osalta porrastus ei välttämättä lisää turvallisuutta vaan päinvastoin huonontaa sitä (A4). Myös tämän suuntaisia tienkäyttäjäläpautteita oli saatu (A5, A6).

Yhdelle asiantuntijoista oli tullut tietoon porrastuksiin liittyen positiivista palautetta tienkäyttäjiltä. Tienkäyttäjäläpautteen perusteella porrastettua liittymää pidetään turvallisena, mikäli porrastus on toteutettu oikein ja kaksi kolmihaaraliittymää ovat riittävän kaukana toisistaan. Tällöin yksi liittymähaara jää ajon aikana pois tarkkailusta. (A2) Porrastuksessa liittymä on jaettu ikään kuin kahteen liittymään, joissa kummassakin on kolme liittymähaaraa nelihaaraliittymän neljän liittymähaaran sijasta. Kaksi asiantuntijaa mainitsi, ettei heille ollut tullut negatiivista palautetta (A3, A4), kolme asiantuntijaa ei vastannut läpautteen saamiseen lainkaan (A1, A7) ja kahden asiantuntijan tietoon oli tullut negatiivista palautetta turvallisuuteen liittyen (A5, A6).

Yhden asiantuntijan mukaan tienkäyttäjien läpautteet ovat olleet valitettavan huonoja ja keskittyneet erityisesti jalankulkijoiden, polkupyöräilijöiden, mopoilijoiden ja mopoautojen kuljettajien murheisiin. Hän huomautti negatiivinen läpautteen leviävän helposti sähköisessä mediassa saaden tätä kautta huomiota. Asiantuntijan mukaan on kuitenkin epäselvää, ovatko ongelmat todellisia, sillä verrattuna aiemmin toteutettuihin porrastettuihin liittymiin, ei negatiivista läpautetta ollut tullut aiemmin lainkaan. Suojaamattomat tienkäyttäjät eivät asiantuntijan mukaan välttämättä tiedä paikkaansa porrastetussa liittymässä. Lisäksi usein porrastettuihin liittymiin on jouduttu toteuttamaan kaiteita ja lähitaloille melusuojuuksia, jotka on vaikea kiertää ja esimerkiksi jalankulkijan kiertoreitistä voi tulla hyvin pitkä. (A6) Toinen asiantuntija toi esiin läpautteen, jonka mukaan tienkäyttäjät haluaisivat mieluummin kiertoliittymän, koska se hidastaisi myös pääsuunnan liikennettä ja siten sivusuunnasta olisi helpompi liittyä pääsuunnalle. Jonkin verran oli

tullut palautetta myös maaseudulta, jossa oli koettu, että jalankulkijan tai pyöräilijän on hankala ylittää liittymäalue sen laajuuden vuoksi. (A5)

Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut

Porrastetun liittymän päätie tulee asiantuntijoiden mukaan kanavoida ja tehdä vasemmalle kääntymiskaistat (A1, A3, A4, A6, A7). Kääntymiskaistoin varustettu porrastettu liittymä on turvallisempi kuin väistötilalla toteutettu liittymä (A1). Väistötilaa pidetään vähimmäisratkaisuna (A1, A3, A7). Lisäksi liittymä on hyvä valaista (A1, A4). Porrastettuun liittymään suositellaan myös alikulkua (A4, A6) erityisesti, mikäli liittymässä on vilkasta risteävää jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liikennettä tai liittymäalueella on pysäkit (A4). Yksi asiantuntijoista totesi suunnitteluratkaisujen riippuvan liikennemääristä ja raskaan liikenteen määrästä (A2). Myös maaseudun vähäisellä liikennemäärällä tulisi vähimmäisratkaisuna olla väistötila tai maalauksin toteutetut kääntymiskaistat (A3).

Kanavointi voidaan tehdä joko tiemerkinnoilla tai korotetulla saarekkeella ja eri tavat soveltuvat eri tilanteisiin (A1, A2, A3). Erään asiantuntijan mielestä tiehen tulisi tehdä vahvat tärinäraidat toteutettaessa kanavointi tiemerkinnoin, jotta esimerkiksi pääsuunnalta oikealle kääntyvää ei ohiteta tiemerkinntöjen päältä (A5). Yksi asiantuntijoista totesi tiemerkinnoin toteutetun kanavoinnin olevan parempi (A1). Toisen asiantuntijan mukaan keskikoroke on puolestaan parempi vilkkaalla liittymäalueella ja taajamaympäristössä (A2). Kolmas asiantuntija muistutti, ettei kanavointia voida tehdä korotetulla saarekkeella nopeuden ollessa 80 km/h. Lisäksi hän huomautti tiemerkinnoin toteutetun kanavoinnin ongelmana olevan, että ne voivat jäädä lumen alle, eikä tiemerkinntä anna saarekkeen taapaan ”tilapäistä turvatilaa” jalankulkijalle. Tiemerkinnoin osoitettu kanavointi tulisikin hänen mukaansa aina tehostaa yläpuolisoin kaistaopastein. Saarekeongelmasta ja negatiivisesta tienkäyttäjäpalautteesta johtuen asiantuntijan suunnittelualueella onkin pohdittu, että porrastuksia tehtäisiin jatkossa vain, mikäli rahoitus riittää myös alikulun rakentamiseen jalankulkijoille ja pyöräilijöille. Myös väistötilat ovat kyseisen asiantuntijan mukaan ongelmallisia ja tienkäyttäjiltä on saatu moitteita siitä, etteivät väistötilat erotu lumen alta, eivätkä pyöräilijät, mopoilijat ja mopoauton kuljettajat tiedä, mihin jäisivät turvallisesti odottamaan vasemmalle kääntyessä. Väistötilaratkaisu pelottaa näitä suojaamattomia tienkäyttäjiä. Asiantuntijan suunnittelualueella onkin päätetty, ettei uusia porrastuksia enää tehdä väistötilalla, mikäli kanavointi kohteeseen mahtuu kanavointi. (A6)

Porrastuksen paras toteutustapa

Asiantuntijat kokevat pääasiassa oikea-vasenporrastuksen olevan parempi toteutustapa kuin vasen-oikeaporrastus (A1, A2, A3, A5, A7), erityisesti jos liittymässä on vasemmalle kääntymiskaistat (A1, A2). Yksi asiantuntijoista perusteli näkemystään sillä, että oikea-vasenporrastuksessa molemmista suunnista tulevilla on vähemmän konfliktimahdollisuuksia (A2). Toisen asiantuntijan mukaan sivusuunnasta tulevan pääsuunnan ylittävän ajoneuvon ei tarvitse tällöin seurata kuin yhtä ajosuuntaa kerrallaan. Lisäksi hän toi

esiin mielenkiintoisen huomion siitä, ettei oikea-vasenporrastuksessa ole ajoteknisesti juurikaan eroa tienkäyttäjien usein toivomaan kiertoliittymään ajatellessa ohjauspyörän kääntelyiden määrää. (A5)

Asiantuntijat nostivat esille, ettei voida välttämättä tietää kumpi on todellisuudessa parempi porrastustapa (A3) ja porrastustapa tulisi katsoa tapauskohtaisesti riippuen kääntävistä liikennevirroista (A4). Lisäksi yksi asiantuntijoista muistuttaa, ettei porrastustavan valinta ole usein vapaasti valittavissa, vaan esimerkiksi joki tai muu este pakottaa valitsemaan tietyn ratkaisun (A5). Toisaalta huomautetaan myös, että vasen-oikeaporrastus voi olla parempi, jos ajatellaan esimerkiksi 80–100 km/h nopeusrajoituksia ja liittymässä ei ole vasemmalle kääntymiskaistaa (A4). Yksi asiantuntijoista totesi käytössä olevan suunnitteluohjeen riittävän ohjeistamaan porrastustyyppin valinnassa. Hän ehdottaa kuitenkin suunnitteluohjeeseen joitakin tarkennuksia ja lisäyksiä: ohjeessa tulisi korostaa paremmin risteävän suojaamattoman liikenteen asemaa porrastusratkaisussa, pysäkkien sijainti tulisi huomioida paremmin, väistötilan käyttöön tulisi olla hyvät perusteet ja erillisen oikealle kääntymiskaistan käyttöön porrastetussa liittymässä tulisi antaa ohjeet. (A6)

Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioiminen

Asiantuntijat olivat yhtä mieltä siitä, että porrastettuihin liittymiin tulisi toteuttaa suojaamattomille tienkäyttäjille eritasoratkaisuna alikulku (A1, A2, A3, A4, A6, A7). Yksi asiantuntijoista lisäsi, että eritasoratkaisu tulisi ehdottomasti toteuttaa valtateillä taajamien, kylien ja jatkuvan haja-asutuksenkin ympäristössä nopeusrajoituksen ollessa 80–100 km/h (A3). Toinen asiantuntija painotti, että kerralla kannattaa tehdä laadukasta: ”...jos on kerran varaa toteuttaa porrastus tulisi toteuttaa myös alikulku” (A6). Alikulun paikka riippuu muusta maankäytöstä (A1). Lisäksi yksi asiantuntijoista muistutti riittävistä jalankulun, pyöräilyn ja mopoilun yhteyksistä ja totesi myös pysäkkijärjestelyjen hankaloituvat ilman niitä (A4).

Yksi asiantuntijoista korosti järjestelyiden sujuvuutta ja houkuttelevuutta: Liittymässä tulee olla sujuvat ja houkuttelevat järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille, jotta estetään erilaisten polkujen muodostumiset ja sattumanvaraiset ylitykset esimerkiksi korotetun alueen kautta. Hän ehdotti, että jalankulku- ja pyöräilyväylä eroaisi jo aiemmin tien viereltä johdattaen tienkäyttäjät muutama kymmenen metriä kauemmaksi liittymän kohdalla, ja edelleen päätien yli sujuvasti joko tasossa tai tien ali. Tällöin yksitasoisessa ratkaisussa kääntyvät autoilijat havaitsevat suojaamattomat tienkäyttäjät helpommin kuin välittömästi liittymän kohdalla. (A2) Toinen asiantuntija oli puolestaan sitä mieltä, että mikäli jalankulku ja pyöräily risteävät tasossa, on ylityskohta järkevä sijoittaa heti sivutien liittymien jälkeen (A7).

6.3 Ulkomaalaisille asiantuntijoille toteutetut kyselyt

Nelihaaraliittymän turvallisuuden parantaminen

Nelihaaraliittymän porrastaminen on yksi käytössä olevista turvallisuuden parantamistoimenpiteistä myös Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa. Ruotsalaisen asiantuntijan mukaan Ruotsissa käytetään useita ratkaisuja nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamiseen. Porrastetun liittymän lisäksi hän mainitsee eritasoliittymän, kiertoliittymän ja päätien vasemmalle kääntymiskaistan. Tanskassa toinen tavallinen nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamisratkaisu on tanskalaisen asiantuntijan mukaan yleistymässä oleva kierto-liittymä. Myös Saksassa on käytössä useampia ratkaisuja, joita esitellään saksalaisessa maanteiden suunnitteluohjeessa. Saksalaisen asiantuntijan mukaan ei kuitenkaan ole olemassa tilastoja, mikä on tavallisin liittymätyyppi, mutta hän uskoo kolmihaaraliittymää käytettävän eniten. Hän kertoi, että suunnitteluohjeissa on suositus, jonka mukaan porrastettua liittymää (oikea-vasen) tulisi käyttää mieluummin kuin valo-ohjaamatonta nelihaaraliittymää. Kaikki asiantuntijat olivat yhtä mieltä siitä, että kierto-liittymä on ratkaisuna porrastettua liittymää turvallisempi. Tanskalainen asiantuntija perusteli tätä kierto-liittymien nopeutta alentavalla vaikutuksella, mikä vähentää tehokkaasti henkilövahinko-onnettomuuksia.

Ranskasta ei saatu vastausta kyselyn varsinaisiin kysymyksiin, mutta ranskalainen asiantuntija toi porrastettuna liittymänä esiin ratkaisun, joka on vapaasti suomennettuna ”maapähkinäliittymä” (carrefour-cacahuète). Kyseinen liittymätyyppi on esitetty kuvassa 19. Liittymään on tulossa myöhemmin viides liittymähaara peltoalueelle toteutettavaa kaupakeskusta varten.



Kuva 19. Maapähkinäliittymä Ranskassa (kuva Google Maps).

Nimi johtune liittymän maapähkinää muistuttavasta muodosta. Varsinaisena porrastettuna liittymänä ratkaisua ei kuitenkaan voida pitää, sillä liittymä muodostuu enemmän ikään kuin kahteen osaan venytetystä liikenneympyrästä. Tällaista ratkaisua ei ole käytössä Suomessa.

Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut ja paras toteutustapa

Ruotsalaisen asiantuntijan mukaan porrastetuissa liittymissä tulee olla vähintään vasemmalle kääntymiskaistat. Mikäli porrastetussa liittymässä ei ole kääntymiskaistoja suositetaan vasen-oikeaporrastusta. Hän perusteli tätä sillä, että vasen-oikeaporrastetussa liittymässä tienkäyttäjän on mahdollista odottaa sivutiellä. Sen sijaan, jos liittymässä on keskisaareke ja vasemmalle kääntymiskaistat, on oikea-vasenporrastus parempi. Saksalaisen asiantuntijan mielestä oikea-vasenporrastus on paras tapa toteuttaa porrastettu liittymä. Hänen mukaansa vasemmalle kääntymiskaistat tulee sijoittaa rinnakkain tai peräkkäin riippuen porrastusvälin leveydestä ja pituudesta. Tanskalainen asiantuntija ei tuonut esiin kumpi porrastustapa on parempi, mutta paikallinen tielaitos suosittelee käyttämään kanavointia oikea-vasenporrastuksessa. Lisäksi oikea-vasenporrastuksessa tulee olla vasemmalle kääntymiskaista ja kanavoinnissa tulee käyttää tiemerkinä, ei korotusta. Tanskalainen asiantuntija muistutti myös alhaisemman nopeusrajoituksen liittymäalueella parantavan osaltaan turvallisuutta.

Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioiminen

Saksalaisen asiantuntijan tiedossa ei ollut, että suunnitteluohjeissa olisi erityisiä vaatimuksia jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden järjestelyille porrastetuissa liittymissä. Myöskään ruotsalainen asiantuntija ei ehdottanut erityisiä toimenpiteitä suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyihin liittyen. Hän kuitenkin huomautti, että koska porrastetussa liittymässä on merkittävästi vähemmän konfliktipisteitä nelihaaraliittymään verrattuna, voi porrastus itsessään jo parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta. Tanskalaisen asiantuntijan mukaan nelihaaraliittymän uudelleensuunnittelussa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta voidaan parantaa myös tekemättä mitään erityisiä toimenpiteitä. Jos nelihaaraliittymien turvallisuusongelma on nimenomaan suojaamattomassa liikenteessä, voidaan hänen mukaansa suojaamattoman liikenteen turvallisuutta parantaa alikululla. Toteutettaessa porrastus uuteen tiehen huomautti tanskalainen asiantuntija järjestelyiden riippuvan ajoneuvoliikenteen nopeudesta, liikennemääristä sekä ajoneuvojen ja suojaamattomien tienkäyttäjien reiteistä.

Suosittelavia tutkimuksia porrastetuista liittymistä

Ruotsalaisella asiantuntijalla ei ollut antaa varsinaisia tutkimuksia porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Hän suositteli kuitenkin tutustumaan porrastettujen liittymien osalta Trafikverketin (2018) ja Vägverketin (2004) julkaisuihin, joita käsiteltiin luvussa 5.1 ruotsalaisten ohjeistusten yhteydessä. Tanskalaisen asiantuntijan mukaan Tanskassa ei ole porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta mitään tutkimuksia, joita hän voisi tuoda esille. Saksalainen asiantuntija oli tietoinen vain yhdestä saksalaisesta tutkimuksesta, joka käsittelee porrastettuja liittymiä: Schnüllin ja Richterin (1994) tutkimus mainittiin luvussa 4.1 käsiteltäessä porrastettujen liittymien turvallisuutta.

6.4 Yhteenveto

Suomalaiset asiantuntijakyselyt

Suomalaiset asiantuntijat pitivät porrastettua liittymää yleisesti ottaen hyvänä vaihtoehtona parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta maanteilla. Etuna on, että pääsuunta saadaan pidettyä sujuvana ja ikävät risteämisonnettomuudet vähenevät. Ratkaisu on myös edullinen verrattuna kiertoliittymään ja eritasoliittymään. Toisaalta erityisesti vasemmalle kääntyminen on ongelmallinen ja kääntymisonnettomuudet ovat mahdollisia. Lisäksi ratkaisu ei välttämättä ole suojaamattomien tienkäyttäjien näkökulmasta yhtä hyvä ratkaisu. Suojaamattomilta tienkäyttäjiltä oli saatu osittain negatiivista palautetta, jossa nämä kokevat ratkaisun turvattomaksi.

Porrastuksen yhteydessä tärkeät toteutettavat suunnitteluratkaisut ovat päätien kanavointi ja vasemmalle kääntymiskaistat. Lisäksi liittymä on hyvä valaista. Kanavointi voidaan tehdä joko tiemerkinnöillä tai korotetulla saarekkeella. Vastausten perustella ei saatu selkeää tulosta kumpi vaihtoehto on parempi, koska tavat soveltuvat eri tilanteisiin ja molemmissa tavoissa on omat etunsa ja haittansa: korotettu saareke ei sovellu suuriin nopeuksiin, mutta on näkyvyyden kannalta tiemerkintää parempi. Tiemerkinnöin osoitettu kanavointi soveltuu suurempiinkin nopeuksiin, mutta peittyy helposti lumen alle, eikä toimi korotetun saarekkeen tapaan tilapäisenä turvatilana jalankulkijoille. Mikäli kääntymiskaistoja ei voida toteuttaa, piti suurin osa asiantuntijoista väistötilaa vähimmäisratkaisuna. Asiantuntijat kokivat oikea-vasenporrastuksen olevan pääasiassa vasen-oikeaporrastusta parempi toteutustapa, varsinkin silloin kun liittymässä on vasemmalle kääntymiskaistat. Porrastustapa tulee kuitenkin harkita tapauskohtaisesti, eikä sitä välttämättä voida esimerkiksi maankäytön tai esteen takia valita vapaasti.

Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimista pidettiin tärkeänä ja aihetta on syytä pohdita. Kaikki olivat yhtä mieltä, että suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden kannalta porrastettuun liittymään tulee tehdä alikulku. Lisäksi on hyvä toteuttaa riittävät yhteydet jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille. On tärkeää, että suojaamattomille tienkäyttäjille tehtävät ratkaisut ovat sujuvat ja houkuttelevat, jotta niitä käytetään ja estetään vaaralliset sattumanvaraiset tien ylitykset.

Täytyy muistaa, että on myös paljon tilanteita, joissa porrastettu liittymä ei ole aina riittävä tai sopiva vaihtoehto, vaan tarvitaan jokin muu ratkaisu. Suunniteltaessa liittymäksi porrastettua liittymää täytyy kriittisesti miettiä, riittääkö ratkaisu todella vai tarvitaanko järeämpiä ratkaisuja kiertoliittymää tai eritasoliittymää. Joissakin tilanteissa nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamiseksi voi riittää myös kevyempi ja edullisempi ratkaisu, ilman että liittymätyyppiä täytyy vaihtaa. Tällöin voidaan miettiä esimerkiksi turvasaarekkeiden tai valo-ohjauksen lisäämistä.

Ulkomaalaiset asiantuntijakyselyt

Kuten Suomessa, myös Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa nelihaaraliittymän porrastaminen on yksi käytössä olevista ratkaisuista parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta. Porrastetun liittymän päätien kanavointia ja kääntymiskaistoja pidetään tärkeänä. Asiantuntijat kaikissa edellä mainituissa maissa nostivat myös pääosin oikea-vasenporrastuksen esiin parempana porrastustapana, varsinkin mikäli liittymässä on toteutettu kanavointi ja vasemmalle kääntymiskaistat. Kaikissa maissa asiantuntijat nostavat esiin vaihtoisena ratkaisuna kiertoliittymän, jota pidettiin yleisesti ottaen turvallisempana.

Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa ei ole ohjeistusta suojaamattomien tienkäyttäjien järjestykselle porrastetuissa liittymissä, eikä asiantuntijoilla ollut ehdottaa tähän mitään ratkaisuja. Näin ollen voisi tulkita, ettei asiaa ole juurikaan pohdittu tarkastelluissa maissa tai sitten asiantuntijat eivät vain ole tietoisia kyseisestä aiheesta. Ulkomaalaisilla asiantuntijoilla ei myöskään ollut esittää heidän maistaan aiempia tutkimuksia porrastetuista liittymistä lukuun ottamatta saksalaista Schnüllin ja Richterin (1994) lähes 25 vuotta vanhaa tutkimusta, joten aihe on ilmeisesti hyvin vähän tutkittu näissä maissa. Suomalaisille asiantuntijoille toteutetusta kyselystä käy ilmi, että asiaa on jonkun verran pohdittu. Toki tulos voisi olla ulkomaalaisille toteutettujen kyselyjen osalta toinen tai kattavampi, mikäli olisi saatu vastauksia useammalta asiantuntijalta. Ulkomailta saadut vastaukset jäävät muutenkin suomalaisilta asiantuntijoilta saatuja vastauksia suppeammaksi, joten suomalaisten ja ulkomaalaisten asiantuntijoiden näkemyksistä ei voi esittää juurikaan kattavampaa vertailua.

7. HENKILÖVAHINKO-ONNETTOMUUDET PORRASTETUISSA LIITTYMISSÄ

7.1 Onnettomuustiedot

7.1.1 Lähtöaineiston porrastetut liittymät

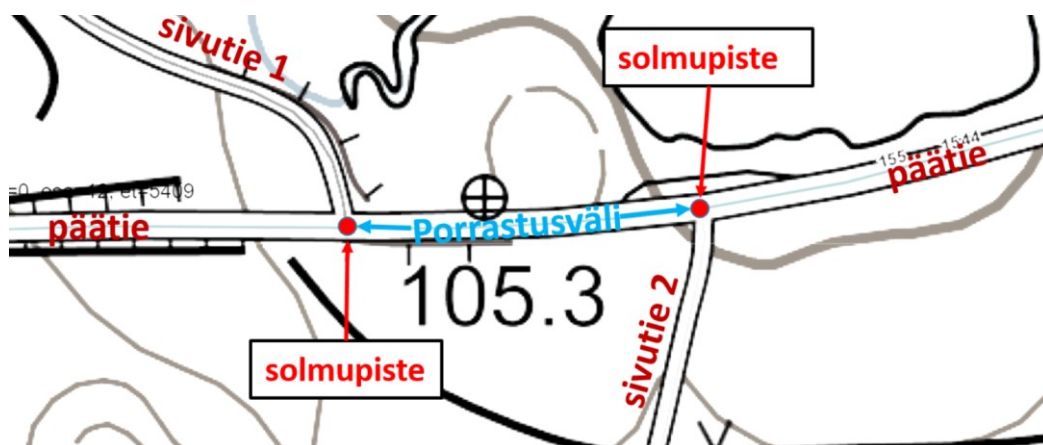
Luvuissa 7.1.1–7.1.3 esitellään onnettomuustietojen lähtöaineisto ja analysointitapa. Tämän jälkeen luvuissa 7.2–7.8 esitellään onnettomuusaineistosta saadut tulokset.

Väyläviraston vastuulla olevista maanteistä ja niiden liikenteestä löytyy tarkat tiedot Väyläviraston ylläpitämästä tierekisteristä (Väylä 2019a). Tierekisteristä kuitenkin puuttuu tiedot porrastetuista liittymistä. Näin ollen tutkimuksessa päädyttiin hyödyntämään Peltolan ja Malinin (2016) Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksessa porrastetuiksi liittymiksi tunnistettuja maanteiden liittymiä, jotka olivat säilyneet muuttumattomina vuoden 2011 jälkeen. Kyseisessä tutkimuksessa porrastetut liittymät oli haettu tierekisteristä tarkastelemalla lähekkäin olevia kolmihaaraliittymiä, jonka jälkeen liittymiä tarkasteltiin kartalta. Näin voitiin tunnistaa ne liittymät, jotka todellisuudessa käsittivät kaksi kolmihaaraliittymää. (Peltola & Malin 2016)

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta lähtöaineistona saadut porrastetut liittymät oli koottu valmiiksi Excel-tiedostoon, jossa oli yhteensä 212 porrastettua liittymää. Näistä 117 liittymää oli vasen-oikeaporrastuksia ja 95 liittymää oikea-vasenporrastuksia. Excel-tiedostossa oli kerrottu jokaisen porrastetun liittymän osalta päätien solmupisteiden sijaintitiedot ja porrastusväli päätiellä. Tämä tarkoittaa sitä, että porrastetun liittymän sijaintitiedot on esitetty päätien kahden solmupisteen tieosoitteina, joissa on kerrottu kunkin solmupisteen tienumero, tieosa ja etäisyys tieosan alusta. Solmupisteen paikka ja tieosoitteet määräytyvät risteävien teiden keskilinjojen leikkauspisteen mukaan (Väylä 2019b). Solmupisteen tieosoite kertoo kohdan, jossa porrastetun liittymän päätie ja sivutie kohtaavat. Porrastetun liittymän päätien ja sivuteiden väliset solmupisteet sekä porrastusväli on havainnollistettu kuvassa 20. Solmupisteiden tieosoitteet oli annettu päätien tieosoitteina, joten lähtötiedoista puuttuivat sivuteiden tieosoitteet.

Jokainen lähtöaineiston porrastettu liittymä käytiin yksitellen läpi. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan maanteiden porrastetuissa liittymissä tapahtuneita onnettomuuksia vuosina 2009–2017. Koska tutkittiin laajempaa ajanjaksoa kuin Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen aikaväliltä 2011–2015, täytyi tarkistaa, mitkä lähtöaineiston porrastetuista liittymistä olivat säilyneet muuttumattomina myös aikavälillä 2009–2017. Lähtöaineiston porrastetuista liittymistä oli siis tarkistettava, että porrastus oli tehty ennen vuotta 2009. Tie-

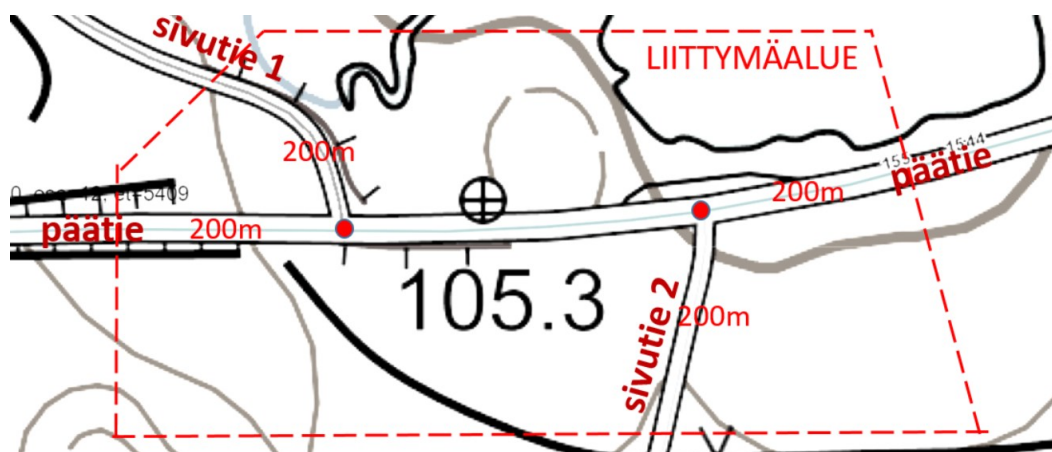
osoitteiden avulla voitiin etsiä tierekisteristä solmupisteiden voimassaolon alkupäivämäärät tietyllä tieosoitevälillä. Porrastus oli tehty ennen vuotta 2009, jos solmupisteiden voimassaolon alkupäivämäärät sijoittuvat vuoteen 2008 tai ennen sitä. Lähtöaineistosta rajattiin pois sellaiset liittymät, joissa solmupisteiden voimassaolon alkupäivämäärä sijoittui vuoteen 2009 tai sen jälkeen, koska tällöin liittymä ei ollut säilynyt muuttumattomana aikavälillä 2009–2017.



Kuva 20. Porrastetun liittymän solmupisteet (taustakartta Tiemappi).

Koska porrastetuissa liittymissä tapahtuneita onnettomuuksia tutkittiin koko liittymäalueelta, oli tarve selvittää päätien tieosoitteiden lisäksi myös sivuteiden tieosoitteet. Päätien solmupisteiden tieosoitteiden avulla porrastettuja liittymiä voitiin tarkastella Väyläviraston ylläpitämässä Tiemappi-karttapalvelussa. Haku kohdistettiin solmupisteiden osoitteiden avulla tieosoiteväliin. Porrastetun liittymän tietoja tarkasteltiin liittymäalueelta. Tutkimuksessa liittymäalueeksi tulkittiin 200 metriä liittymän keskipisteestä sekä pää- että sivutien suunnassa. Tähän päädyttiin, sillä samaa määritelmää oli käytetty Kulmalan (1995) väitöskirjassa kaikissa liittymäonnettomuuksissa ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa taajaman ulkopuolella tapahtuneissa liittymäonnettomuuksissa. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa taajamassa sijaitsevilla maantieliittymillä liittymäalueeksi tulkittiin 100 metriä liittymän keskipisteestä. Tässä tutkimuksessa tarkastelussa mukana olleet taajama-alueille sijoittuneet muutamat onnettomuudet tapahtuivat myös tämän 100 metrin säteellä. Tämän perusteella tulokset ovat linjassa Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen kanssa ja liittymäalue olisi voitu määritellä myös Peltolan ja Malinin (2016) tapaan eri tavalla taajamassa ja taajaman ulkopuolella.

Liittymäalueen määritelmän ollessa tässä tutkimuksessa 200 metriä tarkoitti tämä käytännössä sitä, että liittymäaluetta tarkasteltaessa lähtöaineiston solmupisteiden tieosoitteiden etäisyyteen joko lisättiin tai siitä vähennettiin sivutien tai päätien suunnasta riippuen 200 metriä. Näin voitiin hakea tierekisteristä osoitteet myös sivusuunnille, kun kartalta nähtiin sivutien numero ja tieosa. Porrastetun liittymän liittymäalue ja sen muodostuminen on havainnollistettu katkoviivalla kuvassa 21.



Kuva 21. Porrastun liittymän liittymäalue (taustakartta Tiemappi).

Päätien ja sivuteiden tieosoitteet katsottiin kartalta ja tierekisteristä, jotta varmistuttiin niiden tarkkuudesta ja oikeellisuudesta. Tämä oli perusteltua tehdä, sillä lähtöaineiston tieosoitteissa oli jonkin verran virheitä. Tierekisteristä pystyttiin tarkistamaan ja tarvittaessa korjaamaan ja hakemaan arvot tarkastellulle liittymäalueelle. Osoitteet oli myös hyvä tarkistaa, sillä lisättäessä tai vähennettäessä tieosoitteen etäisyyden arvosta liittymäalueen vaatima 200 metriä saattoi esimerkiksi tieosan numero muuttua. Näin liittymäalue saatiin päätien ja sivuteiden osalta tieosoitevälinä, jota voitiin hyödyntää liittymissä tapahtuneiden onnettomuuksien hakemisessa.

Tiemapista saatiin linkki Google Maps -karttapalveluun, jossa kutakin liittymää voitiin tarkastella 360°-näkymällä ja liittymästä oli mahdollista katsoa ilmakuva. Jokaisen porrastetun liittymän kohdalta otettiin Google Maps -linkki ja kuvakaappaus ilmakuvasta myöhempää tarkastelua varten. Karttatarkastelun ja ilmakuvien perusteella muutaman lähtöaineiston liittymän tunnistettiin olevan selkeästi muu kuin porrastettu liittymä. Liittymässä oli esimerkiksi kaksi sivutietä samalla puolen pääsuuntaa. Tällaiset liittymät jätettiin pois tarkastelusta. Tiemapin kautta saatiin lisäksi tiedot pää- ja sivuteiden liikennemäärästä, joita tarvittiin lopullisessa tarkastelussa onnettomuusasteiden laskemisessa. Muutaman porrastetun liittymän osalta liikennemäärätiedot olivat puutteelliset. Nämä liittymät jätettiin myös pois tarkastelusta, koska ne eivät olleet vertailukelpoisia onnettomuusasteiden osalta. Myös porrastettujen liittymien pääteiden nopeustiedot saatiin Tiemapista, mutta 17 liittymästä nopeustietoja ei ollut saatavissa. Koska liittymät sijaitsivat pääasiassa taajamien ulkopuolella olevilla yhdysteillä, oletettiin nopeudeksi taajamien ulkopuolisen yleisnopeusrajoituksen mukaan 80 km/h.

Kun lähtöaineistosta oli poistettu liittymät, joita ei voitu katsoa porrastetuiksi liittymiksi, joissa oli puutteelliset liikennemäärätiedot tai joissa porrastus oli tapahtunut vasta vuonna 2009 tai sen jälkeen, saatiin lopullinen porrastettujen liittymien tutkimusaineisto. Tässä työssä tutkittavia maanteiden porrastettuja liittymiä on yhteensä 185, joista 101 liittymää on porrastustavaltaan vasen-oikeaporrastus ja 84 liittymää oikea-vasenporrastus.

7.1.2 Onnettomuusaineiston kerääminen

Porrastetuista liittymistä tutkittiin liittymäalueelle sijoittuvia onnettomuuksia hyödyntäen Väyläviraston onnettomuustilastoja. Poliisin tietoon tulleet henkilövahinkoon johtaneet tieliikenneonnettomuudet kirjataan poliisin tietojärjestelmään, josta ne toimitetaan Tilastokeskukselle kolme kertaa kuukaudessa (Tilastokeskus 2019). Tilastokeskuksessa puolestaan nämä tiedot täydennetään Väyläviraston, Liikenne- ja viestintäviraston sekä Tilastokeskuksen kuolemansyytilastosta saatavilla tiedoilla tilastoiksi, jotka toimitetaan edelleen Väylävirastolle. Väylävirastossa onnettomuustietoihin liitetään vielä onnettomuuteen liittyvät tie- ja liikennetiedot. (Kuittinen 2017) Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien tiedot sisältävät muun muassa tiedot onnettomuustypistä, onnettomuuden osallisten määrästä, onnettomuusajankohdasta ja sääolosuhteista (Tilastokeskus 2019).

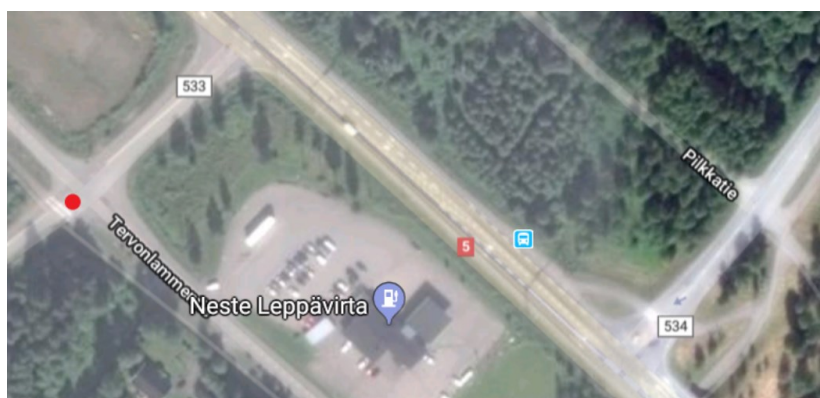
Väyläviraston tierekisterin onnettomuustietoihin on koottu kaikki poliisin kirjaamat liikenneonnettomuudet maanteilla, kaduilla ja yksityisteillä. Onnettomuuksista löytyy onnettomuuden sijaintitiedot, jotka poliisi on kirjannut onnettomuustietoihin vuodesta 2009 alkaen. Poliisi kirjaa onnettomuuspaikan sijaintitiedot GPS-koordinaattien, tieosoitteen ja sanallisen osoitteen avulla (Kuittinen 2017). Huomioitava on kuitenkin, että poliisin tietoon tulneiden ilmoitusten kattavuudessa kaikista sattuneista onnettomuuksista on paljon hajontaa. Liikenteen turvallisuusviraston (2015) mukaan virallisen tilaston kattavuus on kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa täydet 100 % kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien osalta, sillä poliisi tutkii kaikki kuolemaan johtaneet tapaukset. Sen sijaan henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien osalta tilasto kattaa vain noin 30 % onnettomuuksista. Lisäksi kattavuus vaihtelee henkilövahinkojen osalta eri onnettomuustyyppien välillä. Kattavuuden on tunnistettu olevan huonointa yksittäisonnettomuuksissa loukkaantuneiden polkupyöräilijöiden osalta. (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015)

Liittymäonnettomuuksien haku tapahtui etsimällä onnettomuuksia tietyltä tieosoiteväliltä aikaväliltä 2009–2017. Tieosoiteväliksi syötettiin solmupisteen ja liittymäalueen reunapisteen tieosoite siten, että käytiin läpi päätie ja molemmat sivuteistä määritetyltä liittymäalueelta. Näin päästiin käsiksi kussakin porrastetussa liittymässä tapahtuneiden onnettomuuksien ilmoitusnumeroihin, sijaintitietoihin ja poliisin kirjoittamiin onnettomuusselostuksiin. Kunkin onnettomuusia sisältäneen porrastetun liittymän osalta otettiin talteen onnettomuuksien ilmoitusnumerot. Tierekisterin kautta pääsee ohjautumaan suoraan Tiemappiin, jossa valittu onnettomuus esitetään kartalla poliisin kirjaamien GPS-koordinaattien perusteella. Onnettomuuksien tapahtumapaikat piirrettiin aiemmin tallennettuihin porrastettujen liittymien ilmakuviin.

Ilmoitusnumeroiden kautta päästiin edelleen käsiksi tarkempiin onnettomuustietoihin, jotka haettiin Excel-taulukkoina Väyläviraston ylläpitämästä onnettomuus-, tiestö-, ja liikennetietoja sisältävästä Tiira-tietopalvelusta. Excel-taulukkoina haettiin kaikki tarkastelujaksolla 2009–2017 tapahtuneet tieliikenneonnettomuudet Suomessa. Tämän jälkeen

aineistoista voitiin suodattaa jo löydettyjen onnettomuuksien ilmoitusnumeroiden perusteella porrastetuissa liittymissä tapahtuneet onnettomuudet onnettomuustietoineen. Onnettomuustiedoista ei voida hahmottaa onnettomuuden sijaintia porrastetussa liittymässä, eikä saada tietoa onnettomuuden kulusta. Tämän vuoksi onnettomuuksista tutkittiin myös poliisin onnettomuusselostuksia ja tapahtumapaikkoja, jotka oli piirretty edellisessä vaiheessa ilmakeuviin.

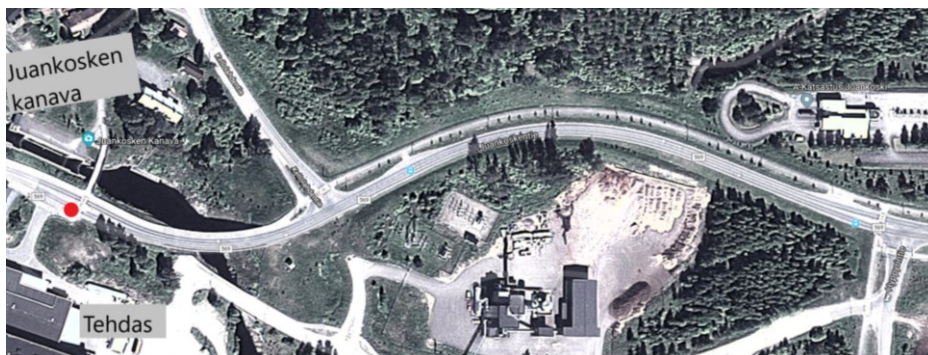
Ilmakuvien perusteella saatiin kerättyä joukko onnettomuuksia, joissa onnettomuus näytti tapahtuneen tapahtumapaikan perusteella liittymäalueen reunalla, ja onnettomuus ei kuvan perusteella näyttänyt liittyvän porrastukseen, vaan alueella olevaan pienempään liittymään tai piha-alueelle kääntymiseen. Nämä onnettomuudet käytiin läpi myös poliisin onnettomuusselostuksista, jotta voitiin varmistua asiasta. Tämän perusteella onnettomuuksista karsittiin pois sellaiset onnettomuudet, joista voitiin selkeästi sijainnin ja kuvauksen perusteella tulkita, ettei onnettomuus liittynyt tarkasteltavaan liittymäratkaisuun. Kuvassa 22 on osoitettu vasemmalla pienellä punaisella ympyrällä paikka, jossa tapahtui tarkastelujaksolla 2009–2017 yhteensä kolme onnettomuutta. Sijainnin perusteella voitiin epäillä onnettomuuksien liittyvän pienempään Tervolammentien ja porrastetun liittymän sivutien väliseen liittymään. Epäily vahvistui poliisin selostuksesta, josta ilmeni kaikkien onnettomuuksien liittyvän väistämisvelvollisuuden rikkomiseen tässä pienemmässä liittymässä. Täten esimerkiksi kyseiset kolme onnettomuutta jätettiin pois porrastettujen liittymien onnettomuuksien lopullisesta tarkastelusta, sillä nämä eivät liittyneet porrastettuun liittymään.



Kuva 22. Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pienempään liittymään, eikä tarkasteltavaan porrastettuun liittymään (kuva Google Maps).

Toinen esimerkki poisjätetystä onnettomuudesta liittyy piha-alueelle kääntymiseen, joka tapahtui kuvassa 23 piirretyn pienen punaisen ympyrän läheisyydessä. Onnettomuuden sijaintia tarkasteltaessa heräsi epäily, että onnettomuus liittyy todennäköisesti kuvan vasemman alakulman tehtaan pihaan kääntymiseen tai pienemmälle tielle Juankosken kanavalle kääntymiseen. Asia varmistettiin onnettomuusselostuksesta. Tässä tapauksessa kuvassa päätiellä vasemmalta tuleva mopoilija oli ollut ensin aikeissa kääntyä vasemmalle tehtaan pihaan, mutta olikin yhtäkkiä vaihtanut suunnitelmaa ja aikeissa kääntyä

ilmeisesti Juankosken kanavan suuntaan. Samaan aikaan takaa tuleva auto oli ajanut mopon perään. Myös tämä onnettomuus jätettiin pois lopullisesta tarkastelusta. Porrastettujen liittymien onnettomuusaineistosta poistettiin yhteensä 11 onnettomuutta, jotka olivat onnettomuuden tapahtumapaikan ja onnettomuusselostuksen perustella tapahtuneet liittymäalueen reunalla olevaan muuhun pienempään liittymään tai piha-alueelle kääntymiseen.



Kuva 23. Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pihaan kääntymiseen ja pienempään liittymään, eikä tarkasteltavaan porrastettuun liittymään (kuva Google Maps).

Tarkastelutavasta riippuen taajamassa tapahtuneita onnettomuuksia oli 5 tai 10. Tiirasta saatavien onnettomuustietojen perusteella 10 onnettomuutta oli tapahtunut taajama-alueella. Tarkasteltaessa porrastettuja liittymiä kartalta näistä viisi onnettomuutta eivät Tiemapin mukaan sisältyneet taajama-alueelle. Lisäksi muut näissä liittymissä tapahtuneet onnettomuudet oli kirjattu taajaman ulkopuolisiksi onnettomuuksiksi. Kaikki taajama-alueella tapahtuneet onnettomuudet olivat tarkastelutavasta riippumatta vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia ja ne tapahtuivat lähellä sivutien ja päätien välistä solmupistettä. Koska suurin osa tarkastelluista porrastetuista liittymistä sijaitsee taajaman ulkopuolella ja taajama-alueella tapahtuneiden onnettomuuksien määrä on tarkasteluvasta riippumatta vähäinen, taajama-alueella tapahtuneita onnettomuuksia ei tarkasteltu erikseen. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen tapaan kaikkia maanteiden porrastettuja liittymiä ja niissä tapahtuneita onnettomuuksia käsiteltiin yhdessä erottamatta niitä taajama-alueelle ja taajaman ulkopuolelle.

7.1.3 Onnettomuustietojen analysointi

Maailman tieyhdistyksen (PIARC 2003) liikenneturvallisuuskäsikirjan mukaan onnettomuustietojen analysoinnissa voidaan tunnistaa kolme analyysitasoa, jotka perustuvat tutkittavien onnettomuuksien määriin. *Mikrotasolla* analysoidaan yhtä onnettomuutta. *Keskitasolla* analysoidaan kaikki onnettomuudet tietyssä paikassa, jossa on heikko turvallisuustaso. *Makrotasolla* tarkastellaan laajaa otantaa onnettomuusdataa. Otantana voi olla esimerkiksi kaikki tieverkolla tapahtuvat onnettomuudet, tietyille tienkäyttäjille tapahtuvat onnettomuudet tai kaikki onnettomuudet tietyssä määrättyssä kategoriassa. Makroana-

lyysin tulokset voivat antaa hyödyllistä tietoa esimerkiksi jonkin tietyn osa-alueen turvallisuudesta. Makroanalyysijä toteutetaan myös tyypillisesti kehitettäessä teiden turvallisuussuunnitelmia ja -toimenpiteitä. (PIARC 2003) Tässä tutkimuksessa onnettomuuksien analysointi keskittyi pääasiassa makrotasolle otannan ollessa kaikki maanteiden 185 porrastetussa liittymässä tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet. Onnettomuusanalyysien tarkoituksena on antaa tietoa porrastettujen liittymien objektiivisesta eli todellisesta turvallisuustilanteesta. Onnettomuustietojen tulokset ja analysointi on jaettu eri luokkiin sen mukaan, mitä asiaa kulloinkin tutkitaan.

Ensin porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksia tarkasteltiin yleisemmällä tasolla. Tämän jälkeen tarkastelussa mentiin syvemmälle ottaen mukaan onnettomuusasteet tarkastellen eri tekijöiden vaikutusta. Edelliset lähestymistavat eivät kuitenkaan antaneet tarpeeksi kattavasti tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta ja turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä, joten tarkastelussa edettiin tutkimaan tyypillisiä porrastettujen liittymien onnettomuuksia ja suunnitteluratkaisujen vaikutusta turvallisuuteen. Yksityiskohtaisemmalle tasolle tarkastelussa mentiin tarkastellessa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneita onnettomuuksia sekä valittuja liittymiä ja niissä tapahtuneita onnettomuuksia. Tällöin analyysissä mentiin osin edellä esitellyltä makrotasolta keskitalolle. Onnettomuustietojen käsittely ja analysointi toteutettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Onnettomuustiedoista saadut tulokset on esitetty luvuissa 7.2-7.8. Luvussa 8 yhdistetään työn teoriaosuudesta ja empiriasta saatavia tuloksia ja syvennetään onnettomuustietojen analyysia pohtien tuloksien merkitystä myös siltä osin, tulisiko suunniteluohjeisiin tehdä tarkennuksia porrastettujen liittymien osalta. Seuraavassa on kuvattu analyysin kulkua tarkemmin.

Onnettomuusmäärät yleisellä tasolla

Onnettomuusaineistosta selvitettiin maanteiden porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrät vuosina 2009–2017 yleisellä tasolla porrastustavoittain. Lisäksi tarkasteltiin onnettomuustapausten ajallista sijoittumista eri ajan tarkastelutasoilla. Tarkasteluun otettiin myös sääolosuhteet ja pohdittiin niiden mahdollisia vaikutuksia onnettomuusmääriin. Pohdinnan tueksi otettiin myös Tiirasta saatavia muita onnettomuustietoja.

Onnettomuusasteen laskeminen

Koska lopulliseen tutkimusaineistoon otetuista liittymistä oli saatavilla liikennemäärä- ja onnettomuustiedot, voitiin porrastetuille liittymille laskea onnettomuusasteet. Liittymien turvallisuuden tunnuslukuna voidaan käyttää onnettomuusastetta, joka kuvaa onnettomuuksien lukumäärän suhdetta liittymään saapuvien ajoneuvojen kokonaismäärään. (Kulmala 1995, Rajamäki 2008) Onnettomuusaste on sikäli looginen mittari, että se kuvaa yksittäisen tienkäyttäjän onnettomuusriskiä tämän kulkiessa liittymän poikki (Kulmala 1995).

Onnettomuusaste määriteltiin Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen tapaan samoin kuin se laskettaisiin nelihaaraliittymille eli päätietä ja sivutietä saapuvien ajoneuvojen määrä lasketaan vain kertaalleen. Näin määriteltynä sivutien liikenne on muualta kuin päätietä porrastettuun liittymään saapuvien osuus kaikista saapuvien autojen määrästä. Jos onnettomuuksien altistuksen määränä käytettäisiin kumpaankin kolmihaaraliittymään saapuvien autojen määrien summaa, tulisi päätien liikenne laskettua mukaan osin kahteen kertaan. (Peltola & Malin 2016) Tällöin tulos ei olisi vertailukelpoinen, mikäli onnettomuusasteita halutaan vertailla nelihaaraliittymien onnettomuusasteisiin.

Tarkasteltaessa useita liittymiä, voidaan onnettomuusaste laskea kahdella tavalla. Ensimmäisessä tavassa lasketaan keskiarvo kaikkien liittymien onnettomuusasteista (Rajamäki 2008). Toisessa tavassa liittymien yhteenlaskettu onnettomuusmäärä jaetaan liittymien yhteenlasketulla liikennemäärällä (Montonen 2008, Rajamäki 2008). Ensimmäinen laskentatapa ei huomioi liikennemäärien eroja, vaan kaikki liittymät ovat mukana yhtä suurella painotuksella. Toisessa laskentatavassa suuriliikenteiset liittymät painottuvat vähäliikenteisempiä liittymiä enemmän. (Rajamäki 2008) Koska jälkimmäinen tapa on vähemmän altis satunnaisvaihteluille, valittiin tässä tutkimuksessa onnettomuusasteen laskemiseen jälkimmäinen tapa. Onnettomuusaste on laskettu kaavalla (1).

$$O = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{\sum_{i=1}^n KVL \times L_i \times 365 \times 10^{-6}}, \quad (1)$$

jossa O = onnettomuusaste (onn./milj.ajon.)

N = henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä laskentakaudella

KVL = porrastetun liittymän liittymähaarojen yhteenlaskettu keskivuorokausiliikennemäärä (pää- ja sivutiehaarojen KVL-arvojen summa jaettuna kahdella)

L = laskentakauden pituus vuosina (tässä tutkimuksessa yhdeksän vuotta)

n = porrastettujen liittymien määrä tutkittavassa joukossa

Tässä tutkimuksessa onnettomuusasteet on ilmoitettu pienten lukumäärien vertailun helpottamiseksi onnettomuuksien lukumääränä suhteessa 100 miljoonaa porrastettuun liittymään saapuvaa autoa kohti (onn./100 milj.ajon.). Koska porrastetuista liittymistä kerätyt liikennemäärätiedot ovat vuoden 2017 tietoja, tulisi liikennemäärä arvioitua edellisille vuosille liian suureksi, mikäli tätä liikennemäärätietoa käytettäisiin koko tarkastelujakson 2009–2017 kaikkien vuosien liikennemääränä. Liikennemäärät ovat kasvaneet vuodesta 2009 vuoteen 2017. Tämän vuoksi onnettomuusasteiden laskennassa on käytetty kerrointa 0,84674, joka huomioi liikenteen kasvun ja suoritteiden kertymisen vuosina 2009–2017. Tätä kerrointa käytettiin liikennemäärässä vain onnettomuusastetta laskettaessa. Onnettomuusmäärien ja onnettomuusasteiden yhteydessä haluttiin ilmoittaa myös keskimääräinen liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä (saapuvat ajoneuvot/vrk) kulloinkin tutkittavassa liittymäjoukossa. Tässä ei huomioitu edellä mainittua kerrointa, vaan käytettiin vuoden 2017 liikennemääriä työn mukaisesti.

Onnettomuusaste laskettiin kaikille henkilövahinkoon johtaneille onnettomuuksille. Tarkasteluun otettiin myös kuoleman riski, joten onnettomuusaste laskettiin myös kuolemaan johtaneille onnettomuuksille erikseen. Tämän onnettomuusaste kuvaa sekä kuoleman riskiä että kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusastetta, sillä kuolemia tapahtui yhtä paljon kuin kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. Toisin sanoen kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa onnettomuusaste oli laskettu kaikkien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lisäksi nimenomaan kuolemille, joten tämän ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen tulokset ovat vertailukelpoisia sekä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien että kuolemien osalta.

Onnettomuusasteiden osalta tarkasteltiin porrastustavan, sivuteiden liikennemääräosuuden, porrastusvälin pituuden ja nopeuden vaikutusta onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteisiin. Näihin tarkasteluihin päädyttiin, koska ne ovat porrastettujen liittymien turvallisuuden kannalta oleellisia tekijöitä tarkasteltaessa turvallisuuden kokonaiskuvaa. Lisäksi kyseiset tarkastelut oli toteutettu Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa, joten nämä tarkastelut oli hyvä valita myös vertailun vuoksi. Koska lähtöaineisto sisälsi liittymiä Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta, ja vaikka osa jouduttiin karsimaan pois, ennako-oletusten mukaan tulokset tulisivat olemaan samansuuntaisia. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta saatiin tämän tutkimuksen lähtöaineistoksi 95 oikea-vasenporrastettua ja 117 vasen-oikeaporrastettua maanteiden liittymää, joista tähän tutkimukseen otettiin 85 oikea-vasenporrastettua ja 101 vasen-oikeaporrastettua liittymää. Lisäksi henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuustiedot on kerätty osin samoilta vuosilta: Peltola ja Malin (2016) vuosilta 2011–2015 ja tässä tutkimuksessa vuosilta 2009–2010. Tällöin valitsemalla tarkasteluun osin samoja asioita kuin Peltola ja Malin (2016) pystyttiin osittain analysoimaan myös tulosten luotettavuutta. Hirsjärven et al. (2009) mukaan tutkimustulosten reliabiliteettia eli luotettavuutta lisää, mikäli kaksi arvioijaa päätyvät yhtäläiseen tulokseen.

Onnettomuusluokkien ja onnettomuustyyppien tarkastelu

Koska porrastetuista liittymistä ei ollut aiemmin tutkittu, millaisia onnettomuuksia niissä sattuu, tutkittiin porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusluokat ja onnettomuustyyppit. Porrastetuista liittymistä määriteltiin ensin onnettomuusluokat, jotta saatiin selville, millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu. Onnettomuusluokka muodostetaan osallisten määrän, osallislajin ja onnettomuustyyppin perusteella (Mäkinen 2013). Eri onnettomuusluokat ja niiden kuvaukset on esitetty liitteessä C. Tarkastelussa ovat mukana kaikkien maanteiden porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusluokat vuosina 2009–2017 paitsi eläinonnettomuudet (onnettomuusluokat: eläinonnettomuus ja hirvieläinonnettomuus).

Seuraavaksi tarkastelua syvennettiin tutkimalla, millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä oli tapahtunut. Tätä selvitettiin poliisin kirjaamien onnettomuustyyppitietojen

avulla jakamalla porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuudet liitteessä D esitetyn liikenneonnettomuustyyppikuvaston mukaan. Onnettomuustyyppi on tarkastelun tarkempi taso. Se kuvaa yksinkertaistettuna onnettomuuden kulkua tapahtuman luonteen, alkutilanteen tai merkittävimmän tapahtuman mukaisesti. Onnettomuustyyppi ilmaistaan onnettomuustyyppikuvaston avulla. (Liikennevirasto 2016a, Mäkinen 2013) Onnettomuustyyppikuvaston jokaisessa pääryhmässä on viimeisenä vaihtoehtona 9-loppuinen ”Muu onnettomuus”, johon onnettomuus voidaan kirjata, mikäli johonkin pääryhmään kuuluvaksi tunnistettu onnettomuus ei näytä sopivan tarkasti mihinkään pääryhmän muista nimetyistä onnettomuustypeista (Valtonen 2017).

Suunnitteluratkaisujen vaikutus onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteeseen

Aiemmissa tutkimuksissa ei ollut tutkittu, millaisia suunnitteluratkaisuja porrastetuissa liittymissä on ja miten ne vaikuttavat henkilövahinko-onnettomuuksien määriin ja onnettomuusasteisiin. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa käytiin läpi jokainen porrastettu liittymä onnettomuuksien lisäksi myös suunnitteluratkaisujen osalta. Suunnitteluratkaisuksi määriteltiin ja niiden osalta tutkittiin seuraavat: kanavointi, kääntymiskaistat, väistötila, sivutien tulppasaareke ja ratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille. Myös porrastusvälin pituuden vaikutus onnettomuusasteeseen esitettiin suunnitteluratkaisujen yhteydessä.

Liittymien suunnitteluratkaisuja tutkittiin Google Mapsin 360°-tarkastelun ja ilmakuvien avulla. 360°-tarkastelulla saatiin havainnoitua suunnitteluratkaisut tarkimmin. Toisaalta ilmakuvien avulla saatiin paremmin tietoa tien geometriasta ja voitiin tarkastella laajempaa aluetta, jolloin esimerkiksi suojaamattoman liikenteen ratkaisut saattoivat tulla 360°-tarkastelua paremmin esiin. Myös väistötilaratkaisu oli helpoin tunnistaa ilmakuvan ja 360°-tarkastelun perusteella yhdessä. Pelkkä 360°-tarkastelu ei useinkaan tuonut selkeästi esiin väistötilan tuomaa levennystä tiehen, joten tukena oli syytä käyttää ilmakuvaa tien geometrian havaitsemiseksi paremmin. Mikäli Google Mapsin kautta ei saatu selkeää ilmakuvaa, katsottiin Maanmittauslaitoksen ylläpitämästä Karttapaiikka-palvelusta, oliko siellä tarjolla selkeämpää kuvaa. Kuitenkaan kaikista liittymistä ei saanut niin tarkkaa tai lähelle kohdistettua ilmakuvaa, että väistötilatietoa olisi voinut varmistaa sen avulla. Tämän vuoksi väistötilat tarkastettiin vielä Peltolan ja Mesimäen (2019) tasoliittymien väistötilatutkimuksen liitteestä 1, jossa on esitetty väistötilallisten T-liittymien perustiedot.

Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden onnettomuuksien tarkastelu

Koska asiantuntijoille tulleet porrastettuja liittymiä koskevat osin negatiiviset palautteet olivat liittyneet erityisesti suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaan turvallisuudentunteeseen, ja koska suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä ei ollut aiemmin tutkittu, oli perusteltua ottaa suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet tarkempaan tarkasteluun. Kaikki suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet porrastetuissa liittymissä käytiin yksitel-

len läpi onnettomuustietojen, karttatarkastelun ja poliisin onnettomuusselostusten perusteella. Tätä kautta pystyttiin tarkasti analysoimaan, millaisia onnettomuuksia jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille oli todellisuudessa tapahtunut porrastetuissa liittymissä, ja liittyivätkö onnettomuudet puutteellisiin suunnitteluratkaisuihin suojaamattomien tienkäyttäjien osalta. Suojaamattomien tienkäyttäjien henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet tutkittiin ensin yleisellä tasolla, jonka jälkeen syvennettiin tarkemmin kunkin tienkäyttäjryhmän, eli jalankulkijain, pyöräilijain ja mopoilijain, onnettomuuksiin.

Liittymäkohtainen tarkastelu

Tutkimuksessa otettiin tarkempaan tarkasteluun muutamia liittymiä, jotta voitiin saada onnettomuustyyppikuvastoa parempi käsitys porrastetuissa liittymissä tapahtuneista onnettomuuksista ja niiden kulusta. Liittymien suuren määrän vuoksi aineistoa rajattiin, eikä käyty poliisin onnettomuusselostuksia läpi kaikista onnettomuuksista.

Koska työssä tutkittiin nimenomaan henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia, oli liittymäkohtaiseen tarkasteluun perusteltua valita liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia. Näin pystyttiin pohtimaan, mikä mahdollisesti tekee liittymästä erityisen vaarallisen. Lisäksi pystyttiin syventämään ymmärrystä tyypillisten onnettomuuksien kulusta myös ajoneuvoliikenteen osalta. Tarkempaan tarkasteluun otettiin liittymät, joissa henkilövahinko-onnettomuuksia oli tapahtunut viisi tai enemmän. Näin tarkasteltavaksi tuli kolme oikea-vasenporrastettua ja kaksi vasen-oikeaporrastettua liittymää. Valituissa liittymissä tapahtuneita henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia käytiin läpi hyödyntäen Google Mapsin 360°-tarkastelua, Tiiran onnettomuustietoja ja poliisin onnettomuusselostuksia. Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui pääasiassa yksi onnettomuus, muutamassa liittymässä kaksi. Yhdessä liittymässä oli tapahtunut suojaamattomille tienkäyttäjille tätä enemmän henkilövahinko-onnettomuuksia, yhteensä neljä. Samainen liittymä oli onnettomuusmäärältään suurin myös tarkasteltaessa henkilövahinko-onnettomuuksia kokonaisuutena, joten tämä liittymä käytiin tarkemmin läpi valitussa liittymäkohtaisessa tarkastelussa.

7.2 Onnettomuusmäärät

Tässä luvussa ja seuraavissa luvuissa 7.3–7.8 esitetään porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista saadut tulokset. Luvussa 8 analysoidaan saatuja tuloksia tarkemmin ja tehdään päätelmiä yhdistäen tutkimuksen teoriaosuudesta ja empiriasta saatuja tuloksia.

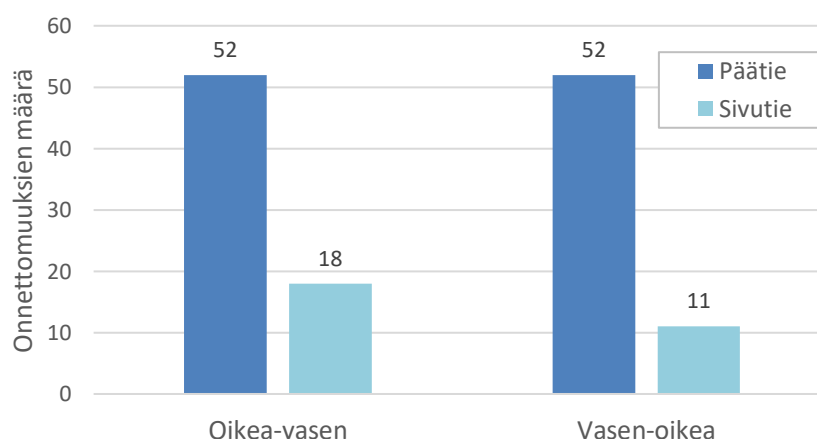
Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet on esitetty taulukossa 5. Onnettomuudet on jaoteltu vakavuuden ja porrastusvan mukaan. Tutkimusaineiston 185 maanteiden porrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan. Onnettomuuksissa kuoli yhteensä kahdeksan ja loukkaantui 183 ihmistä.

Taulukko 5. Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) vakavuuden ja porrastustavan mukaan vuosina 2009–2017.

Henkilövahinko-onnettomuudet	Oikea-vasen	Vasen-oikea	Yhteensä
Loukkaantumiseen johtaneet	69	56	125
Kuolemaan johtaneet	1	7	8
Yhteensä	70	63	133

Liitteessä E on tarkasteltu porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksia ajallisesti. Porrastetuissa liittymissä tapahtui keskimäärin 15 onnettomuutta vuodessa. Kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista 60 % (81/133 tapausta) tapahtui kesän ja alkusyksyn aikana touko–syyskuussa, jolloin tienpinta oli suurimmaksi osaksi kuiva ja sää kirkas tai pilvipouta. Loka-huhtikuussa tienpinta oli märkä, luminen tai jäinen 70 %:ssa tällä ajanjaksolla tapahtuneissa henkilövahinko-onnettomuuksissa (52/133 tapausta). Touko-syyskuussa henkilövahinko-onnettomuuksien määrää lisäsi todennäköisesti ihmisten suurempi liikkuvuus, ei niinkään huonosta säästä johtuvat tekijät. Muuna vuoden aikana huonolla säällä ja valoisuuden puutteella on suurempi merkitys.

Kuvassa 24 on esitetty porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrät ja sijainti pää- ja sivuteiden mukaan jaettuna porrastustavoittain. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista 104 onnettomuutta tapahtui pääteillä, mikä vastaa 72 % kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista. Loput 29 onnettomuutta eli 28 % kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista tapahtui sivuteillä.



Kuva 24. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) ja sijainti pää- ja sivutien mukaan oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksissa vuosina 2009–2017.

Tarkasteltaessa kaikkien 84 oikea-vasenporrastettujen liittymien saapuvan liikenteen osuuden keskiarvoa kaikista liittymään saapuvista ajoneuvoista, saatiin sivutien liikenteen osuudeksi 14 %. 101 vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä vastaava luku oli 18 %. Luvuissa ei ole paljoa eroa, mutta koska oikea-vasenporrastettuja liittymiä on paljon vähemmän, näyttäisi oikea-vasenporrastetun liittymän sivutie tai siltä päätielle liittyminen olleen tarkasteltavassa liittymäjoukossa vaarallisempi. Toisaalta tässä on huomioitava, että moni onnettomuuksista oli kirjattu sijainniltaan pää- ja sivutien solmupisteen tuntumaan. Joissakin tapauksissa tällaiset onnettomuudet oli kirjattu päätiellä ja joissakin tapauksissa sivutiellä tapahtuneiksi. Tämän perusteella onnettomuusmäärissä voi olla tapauksia, joissa vastaavat tapaukset oli tulkittu toisinaan sivutiellä tapahtuneeksi ja toisinaan päätiellä tapahtuneeksi, mikä vääristää tuloksia onnettomuuden tapahtumapaikan osalta.

Luotettavamman tuloksen saamiseksi kaikki onnettomuudet tulisi käydä läpi poliisin onnettomuusselostuksista tarkastelun keskittyessä nimenomaan sijaintiin. Tällöinkin liittymähaarojen solmupisteen tuntumassa tapahtunut, esimerkiksi kääntymiseen liittyvä onnettomuus, voi olla hankala luokitella tarkasti joko pää- tai sivutiellä tapahtuneeksi. Mahdollisesti onnettomuuden sijainnin kirjaustapaa voisikin tältä osin tarkentaa. Tulos on kuitenkin suuntaa antava. Suurin osa onnettomuuksista näyttää tapahtuneen pääteillä porrastustavasta riippumatta. Tärkein selittävä tekijä on pääteiden sivuteitä suuremmat liikennemäärät.

7.3 Onnettomuusasteet

Seuraavissa taulukoissa liittymään saapuvat ajon./vrk tarkoittaa yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrää keskimäärin tarkastellussa liittymäjoukossa. Onnettomuusaste on ilmoitettu 100 miljoonaa porrastettuun liittymään saapuvaa autoa kohti. Hvjto tarkoittaa henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta ja kuolema tarkastelutavasta riippuen kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut. Kuolemaan liittyvä onnettomuusaste viittaa vastaavasti tarkastelutavasta riippuen joko kuolemien tai kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien riskiin (onn./100 milj.ajon.).

Porrastustavan vaikutus

Taulukossa 6 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet porrastustavan mukaan. Oikea-vasenporrastuksissa henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ovat vasen-oikeaporrastuksia suuremmat. Kuoleman riskin osalta tilanne on päinvastainen.

Taulukko 6. *Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet porrastustavan mukaan vuosina 2009–2017.*

Porrastus-tapa	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuo- lema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
Oikea-vasen	84	3500	70	8,6	1	0,12
Vasen-oikea	101	2736	63	8,2	7	0,91
Yhteensä	185	3083	133	8,4	8	0,50

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuoleamalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövahinko-onnettomuuksien suurempaa onnettomuusastetta oikea-vasenporrastuksissa selittäisi ainakin taulukon 6 mukaan mahdollisesti oikea-vasenporrastusten keskimäärin korkeampi liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä. Tarkempien johtopäätösten tueksi tarvitaan kuitenkin lisää tietoa, jota saadaan tulevista tarkasteluista.

Sivutien liikenteen osuuden vaikutus

Taulukossa 7 on esitetty kaikkien porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riskit ovat sitä suurempia mitä suurempi on liittymään sivutieltä tulevien ajoneuvojen osuus. Myös kuoleman riskin osalta tulos on yhtenevä. Liikennemääräosuuksista nähdään, että mitä alhaisempi on sivutien osuus, sitä korkeampi liikennemäärä liittymässä on. Liittymiä, joissa on pieni sivutien liikenteen osuus (< 5 %), on suhteellisen vähän.

Taulukko 7. *Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan vuosina 2009–2017.*

Sivutien liikenteen osuus	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuo- lema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
< 5 %	17	5682	13	4,8	1	0,37
5–15 %	67	3446	54	8,4	3	0,47
> 15 %	101	2405	66	9,8	4	0,59
Yhteensä	185	3083	133	8,4	8	0,50

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuoleamalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Koska oikea-vasenporrastuksessa henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste näyttää olevan vasen-oikeaporrastusta suurempi, tarkasteltiin myös, mitä tuloksia sivutien liikennemääräosuus antoi jaettuna tarkastelu porrastustavoittain. Taulukossa 8 on esitetty oikea-vasenporrastusten ja taulukossa 9 vasen-oikeaporrastusten onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan.

Taulukko 8. Oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan vuosina 2009–2017.

Sivutien liikenteen osuus	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
< 5 %	10	7049	11	5,6	0	0,00
5-15 %	33	3630	30	9,0	1	0,30
> 15%	41	2529	29	10,1	0	0,00
Yhteensä	84	3500	70	8,6	1	0,12

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Taulukko 9. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan vuosina 2009–2017.

Sivutien liikenteen osuus	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
< 5 %	7	3728	2	2,8	1	1,38
5-15 %	34	3268	24	7,8	2	0,65
> 15 %	60	2320	37	9,6	4	1,03
Yhteensä	101	2736	63	8,2	7	0,91

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Oikea-vasenporrastuksien henkilövahinko-onnettomuuksien riski on vasen-oikeaporrastuksia suurempi kaikilla tarkasteluväleillä (taulukko 8, taulukko 9). Tarkasteltaessa kuolemia poikkeaa porrastustavoittain jaettu tarkastelu kaikkien liittymien tarkastelusta. Onnettomuusmäärät ja kuolemien määrät yleisestikin ovat niin pieniä, ettei onnettomuusasteista voida tehdä johtopäätöksiä tällä tarkastelutasolla.

Päätien nopeusrajoituksen vaikutus

Ajoneuvojen ajonopeuksia alentamalla vähentää tehokkaasti onnettomuusriskiä (luku 4.4). Tämän vuoksi haluttiin tarkastella, mille nopeusrajoitusalueille tarkastellut porrastetut liittymät sijoittuvat, ja miten nopeus vaikuttaa onnettomuusriskiin. Taulukossa 10 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät päätien nopeusrajoituksen mukaan. Nopeusrajoituksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että 17 porrastetusta liittymästä ei saatu päätien nopeusrajoitustietoja. Nopeusrajoituksen vaikutuksen tarkastelemiseksi myös nämä liittymät otettiin mukaan tarkasteluun ja niiden nopeusrajoitukseksi oletettiin 80 km/h. Tähän päädyttiin, koska liittymät sijaitsivat pääasiassa taajaman ulkopuolella olevilla vähäliikenteisillä yhdysteillä, joilla yleisrajoitus on yleensä 80 km/h. Tehty oletus voi osin vaikuttaa taulukon 10 tuloksiin, mutta koska näiden liittymien osuus kaikista porrastetuista liittymistä oli vain noin 9 %, antaa tulos hyvin suuntaa ja kokonaisuuden kannalta epätarkkuus ei ole ratkaiseva.

Taulukko 10. Maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet päätien nopeusrajoituksen mukaan vuosina 2009-2017.

Nopeus- rajoitus	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuo- lema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
≤ 60 km/h	86	2324	45	8,1	3	0,54
≥ 70 km/h	99	3742	88	8,5	5	0,49
Yhteensä	185	3083	133	8,4	8	0,50

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövahinko-onnettomuuksien riski on hieman korkeampi nopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h verrattuna enintään 60 km/h nopeuksiin (taulukko 10). Ajonopeuden kasvu lisää pysähtymismatkaa ja kasvattaa törmäysnopeutta. Nopeuden noustessa myös onnettomuuksien seuraukset ovat vakavammat (Klang et al. 2015, Uljas et al. 2015). Suurempi nopeus kasvattaa onnettomuusriskiä, mikä näkyy taulukon 10 henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteissa, joskin ero pieni. Toinen selittävä tekijä voi olla se, että keskimääräisen liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä on suurempi nopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h. Kuoleman riskit ovat puolestaan hieman korkeampia enintään 60 km/h nopeuksilla verrattuna suurempiin nopeuksiin.

7.4 Onnettomuusluokat

Taulukossa 11 on esitetty porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrät onnettomuusluokittain. Peltolan & Malinin (2016) tutkimuksen mukaan maanteiden tasoliittymien tyypilliset onnettomuusluokat ovat kääntymis-, risteämis-, peräänajo-, mopo-, polkupyörä- ja jalankulkijaonnettomuudet. Myös yksittäisonnettomuuksia tapahtuu paljon. (Taulukko 1, Luku 3.2). Tulos ei poikkea porrastettujen liittymien osalta. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien suurin onnettomuusluokka on yksittäisonnettomuudet (taulukko 11). Yksittäisonnettomuuksien jälkeen suurimmat onnettomuusluokat ovat kääntymis-, risteämis- ja peräänajo-onnettomuudet tarkasteltaessa ajoneuvoliikennettä. Mopo-onnettomuuksia on kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista neljänneksi eniten. Myös polkupyöräonnettomuuksia tapahtuu tutkituissa porrastetuissa liittymissä suhteellisen paljon siihen nähden, että liittymät sijaitsevat pääasiassa taajaman ulkopuolella. Jalankulkijaonnettomuuksien osuus on pienempi kuin liittymäonnettomuuksissa yleensä, mihin todennäköisesti vaikuttavat juurikin liittymien sijainti taajaman ulkopuolella ja jalankulkijoiden vähäinen määrä liittymäalueella.

Kokonaismäärältään suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden onnettomuuksien osuus (jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuudet) on merkittävä: 23 % kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Osuus on toiseksi suurin heti yksittäisonnettomuuksien jälkeen, joiden osuus on 29 % henkilöva-

hinko-onnettomuuksien kokonaismäärästä. Myös kaikkien maantiellä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien yleisin onnettomuusluokka vuosina 2009–2019 oli yksittäisonnettomuudet ja toiseksi yleisin suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet onnettomuudet yhdessä (kuva 3, luku 3.1). Tulos ei poikkea porrastettujen liittymien osalta tässäkin tarkastelussa. Luvussa 7.7 tarkastellaan suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneita henkilövahinko-onnettomuuksia tarkemmin.

Taulukko 11. *Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) onnettomuusluokittain eri porrastustavoissa ja kaikissa porrastetuissa liittymissä yhteensä, sekä eri onnettomuusluokkien osuus kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista (n=133) vuosina 2009–2017.*

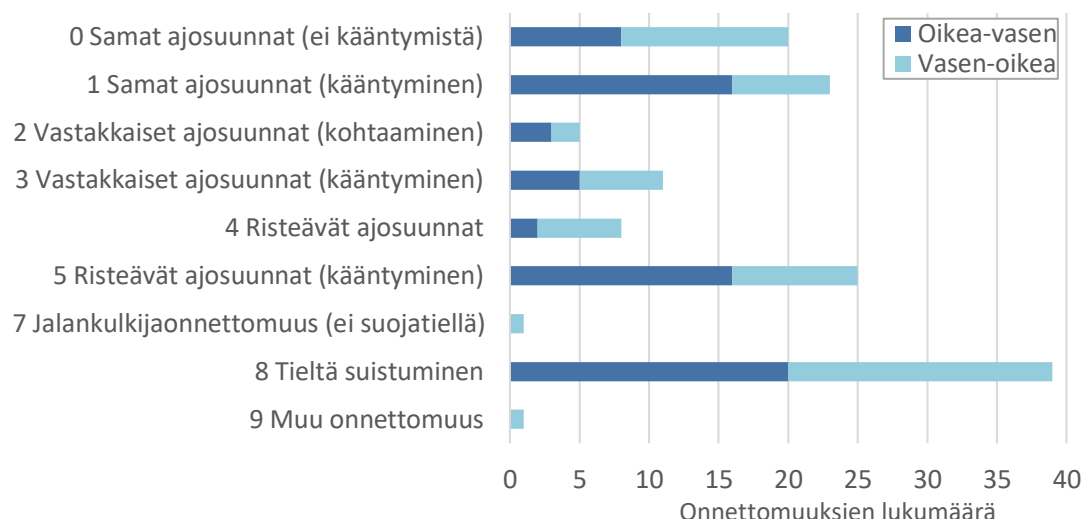
	Oikea-vasen	Vasen-oikea	Yhteensä	Osuus
Yksittäisonnettomuus	20	18	38	29 %
Kääntymisonnettomuus	11	11	22	17 %
Risteämisonnettomuus	11	8	19	14 %
Mopo-onnettomuus	9	7	16	12 %
Peräänajo-onnettomuus	6	9	15	11 %
Polkupyöräonnettomuus	9	3	12	9 %
Kohtaamisonnettomuus	3	2	5	4 %
Muu onnettomuus	0	3	3	2 %
Jalankulkijaonnettomuus	0	2	2	2 %
Ohitusonnettomuus	1	0	1	1 %
Yhteensä	70	63	133	100 %

Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusluokkien jakautuminen oli: kolme yksittäisonnettomuutta, kaksi risteämisonnettomuutta, yksi kohtaamisonnettomuus, yksi jalankulkijaonnettomuus ja yksi polkupyöräonnettomuus. Kyseiset onnettomuusluokat olivat yleisimmät onnettomuusluokat myös tarkasteltaessa kaikkia maanteiden kuolemaan johtaneita onnettomuuksia (kuva 4, luku 3.1). Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tapahtui 8, joten niiden onnettomuusluokkia ei tarkasteltu kaikkien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien tapaan kuvana pienen määrä vuoksi.

7.5 Onnettomuustyytit

Kuvassa 25 on esitetty porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusmäärät jaettuna liitteessä D esitetyn liikenneonnettomuustyyppikuvaston pääryhmien 0–9 mukaan. Kuvasta 25 puuttuu kuudes pääryhmä, jalankulkijaonnettomuus (suojatiellä), koska poliisin tekemissä onnettomuuskirjauksissa ei ollut yhtään kyseistä onnettomuustyyppiä. Kuvassa 25 esitettyjen tulosten perusteella onnettomuustyyppien 0, 1, 5 ja 8 liittyviä henkilövahinko-onnettomuuksia on tapahtunut tarkastelluissa porrastetuissa liittymissä eniten. Onnettomuustyyppin 0 henkilövahinko-onnettomuudet ovat pääasiassa peräänajoja ja onnettomuustyyppin 8 tieltä suistumisia joko

suoralla tiellä, kaarteessa tai liittymässä. Onnettomuustyyppien 1 ja 6 henkilövahinko-onnettomuudet liittyvät tilanteisiin, joissa toinen ajoneuvo oli kääntymässä.



Kuva 25. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät (kpl) jaettuna onnettomuustyyppikuvaston pääryhmittäin vuosina 2009–2017.

Jotta voitiin tarkemmin analysoida, millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu, jaettiin kaikki onnettomuudet liitteen D onnettomuustyyppikuvaston mukaan poliisin tekemien kirjausten perusteella. Liitteeseen F on koottu kaikki porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet onnettomuustyyppikuvaston mukaan jaettuna. Liitteessä F on esitetty onnettomuuksien lukumäärät eri onnettomuustyypeissä oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksissa ja kaikissa porrastetuissa liittymissä yhteensä.

Onnettomuustyyppikuvastossa jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille tapahtuneita onnettomuuksia ei ole suurimmaksi osaksi eroteltu. Liitteestä F nähdään suojaamattomien tienkäyttäjien osalta vain viidessä onnettomuudessa onnettomuustyyppin kuvanneen polkupyöraonnettomuutta (onnettomuustyyppit 16, 34, 41, 42) ja vain yhdessä onnettomuustyyppissä jalankulkijaonnettomuutta (onnettomuustyyppi 71). Näin siitä huolimatta, että polkupyöraonnettomuuksia tapahtui kokonaisuudessaan 11 ja jalankulkijaonnettomuuksia 2 (taulukko 11). Jalankulkija-, polkupyöra-, ja mopo-onnettomuuksissa onnettomuustyyppi on kuvattu tyypillisesti ajoneuvoille tapahtuneiden onnettomuuksien mukaan esimerkiksi kääntyminen vasemmalle toisen eteen tai kylkeen. Tällöin ei pelkän onnettomuustyyppin perusteella voida saada käsitystä, että kyseessä on suojaamattomalle tienkäyttäjälle tapahtunut onnettomuus kuten polkupyöraonnettomuus. Onnettomuustyyppin perusteella ei myöskään voi saada selville, mistä suunnasta tienkäyttäjät tulivat: kääntyikö tienkäyttäjä esimerkiksi päätieltä vasemmalle sivutielle vai sivutieltä vasemmalle päätielle. Jotta onnettomuustyyppijä voitaisiin hyödyntää paremmin onnettomuuksien tutkimisessa, olisi onnettomuustyyppikuvastoa syytä tarkentaa tienkäyttäjien suuntien ja suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden onnettomuuksien osalta.

Liitteessä F esitetty tarkastelu ei välttämättä anna selkeää kokonaiskuvaa porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista. Esimerkiksi peräänajoon liittyviä onnettomuuksia tunnistettiin onnettomuustyyppien pääryhmistä 0 ja 2 ja kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia pääryhmistä 1, 3 ja 5 (liite F). Koska suurin osa porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista liittyi peräänajotapauksiin, kääntymiseen ja tieltä suistumiseen (kuva 25), tehtiin liitteen D onnettomuustyyppikuvastoon perustuen porrastetuissa liittymissä tapahtuneista onnettomuuksista selkeämpi ryhmittely.

Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinko-onnettomuudet jaettiin neljään pääryhmään: peräänajo-onnettomuudet, kääntymisonnettomuudet, suistumisonnettomuudet ja muut onnettomuudet. Tähän jakoon perustuen henkilövahinko-onnettomuuksien pääryhmät ja niiden onnettomuusmäärät ja osuudet on esitetty taulukossa 12. Pääryhmät sisältävät siis kaikki liitteessä F esitetyt onnettomuudet ja niihin liittyvät onnettomuustyyppit, mutta jakoa on selkeytetty. Porrastetuissa liittymissä kääntymisonnettomuuksia tapahtuu liittymän muodosta johtuen kaikkein eniten, joten oli syytä tarkastella, mihin suuntaan kääntyminen on onnettomuusmäärään perustuen merkittävin. Tämän vuoksi taulukon 12 kääntymisonnettomuudet on jaettu edelleen vasemmalle kääntymiseen ja oikealle kääntymiseen liittyviin onnettomuuksiin, sekä muihin kääntymiseen liittyviin onnettomuuksiin, joissa ei ollut ilmaistu suuntaa vasemmalle tai oikealle. Seuraavaksi tarkastellaan kutakin pääryhmää tarkemmin.

Taulukko 12. Porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet (hvjo) neljään pääryhmään jaettuna vuosina 2009–2017.

	Oikea-vasen		Vasen-oikea		Yhteensä	
	Hvjo (kpl)	Osuus 1	Hvjo (kpl)	Osuus 2	Hvjo (kpl)	Osuus 3
Peräänajo-onnettomuudet ⁴	13	19 %	14	22 %	27	20 %
Kääntymisonnettomuudet	30	43 %	18	29 %	48	36 %
- Vasemmalle kääntyminen ⁵	22	31 %	12	19 %	34	26 %
- Oikealle kääntyminen ⁶	3	4 %	1	2 %	4	3 %
- Muu kääntyminen ⁷	5	7 %	5	8 %	10	8 %
Suistumisonnettomuudet ⁸	20	29 %	19	30 %	39	29 %
Muut onnettomuudet ⁹	7	10 %	12	19 %	19	14 %
Yhteensä	70	100 %	63	100 %	133	100 %

¹Osuus kaikista oikea-vasenporrastuksissa tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista (n=70), osuudet pyöristetty kokonaisluvuiksi.

²Osuus kaikista vasen-oikeaporrastuksissa tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista (n=63)

³Osuus kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista (n=133)

⁴Onnettomuustyyppit 06, 08, 10, 12

⁵Onnettomuustyyppit 13, 16, 30, 52, 53

⁶Onnettomuustyyppit 11, 34, 50

⁷Onnettomuustyyppit 19, 39, 59

⁸Onnettomuustyyppit 80–89

⁹Onnettomuustyyppit 00, 09, 20, 21, 29, 40–42, 49, 71, 95

Peräänajo-onnettomuudet (20 %): Viidesosa taulukon 12 kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista oli peräänajoja. Peräänajo-onnettomuudet olivat tyypillisesti tilanteita, joissa päätiellä takaa tuleva ajoneuvo törmäsi edellä olevaan ajoneuvoon, joka oli joko jarruttamassa, pysähtynyt tai kääntymässä vasemmalle.

Kääntymisonnettomuudet (36 %): Yli kolmannes kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista oli kääntymisonnettomuuksia (taulukko 12). Kääntymisonnettomuuksissa toinen ajoneuvoista kääntyi joko sivutieltä päätielle tai päätieltä sivutielle törmäten suoraan liikkuvaan tienkäyttäjään. Tyypillisesti onnettomuudet liittyivät kääntyvän ajoneuvon osalta väistämisvelvollisuuden laiminlyömiseen. Väistämisvelvollisuuden noudattamatta jättäminen saattoi olla osin tahallista riskinottoa. Kuitenkin tyypillisimpiä olivat tilanteet, joissa ei huomattu suoraan liikkuvaa tienkäyttäjää tai arvioitiin lähestyvän suoraa liikkuvan tienkäyttäjän nopeus väärin, jolloin käännettiin suoraan menevän tienkäyttäjän eteen tai kylkeen.

Suurin osa porrastettujen liittymien kääntymisonnettomuuksista liittyi vasemmalle kääntymiseen (taulukko 12). Vasemmalle kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia oli 26 % kaikkien porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden 133 henkilövahinko-onnettomuuden kokonaismäärästä eli toiseksi eniten heti suistumisonnettomuuksien (29 %) jälkeen. Kääntymisonnettomuuksista suurin osa tapahtui oikea-vasenporrastuksissa, joissa tapahtui lähes kaksinkertainen määrä vasemmalle kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia vasen-oikeaporrastettuihin liittymiin verrattuna. Näin siitä huolimatta, että oikea-vasenporrastettuja liittymiä oli tarkasteltavassa aineistossa vähemmän (84 oikea-vasen vs. 101 vasen-oikea). Kääntymisonnettomuuksista vain 4 tapausta kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista liittyi oikealle kääntymiseen. Näistä yksi oli tapahtunut vasen-oikeaporrastuksessa ja kolme oikea-vasenporrastuksissa (taulukko 12).

Suistumisonnettomuudet (29 %): Suistumisonnettomuuksia oli vähän vajaa kolmannes kaikista onnettomuuksista (taulukko 12). Tavallisin suistumisonnettomuus tapahtui liittymässä ajoneuvon suistuessa tieltä, kun nopeutta ei ollut sopeutettu liikenneympäristöön sopivaksi. Muut tapaukset, joita oli 38 % suistumisonnettomuuksista, liittyivät suistumiseen suoralla tai kaarteessa. Tällöinkin tilannenopeus oli tavallisesti liian suuri, mutta onnettomuudet eivät varsinaisesti liittyneet porrastukseen.

Muut onnettomuudet (14 %): Muiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä on pieni, vain vähän reilu kymmenes kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista (taulukko 12). Muut onnettomuudet -pääryhmä sisältää muun muassa ohitusonnettomuuksia ja kohtamisonnettomuuksia. Lisäksi 40 % tämän pääryhmän henkilövahinko-onnettomuuksista sisältyi onnettomuustyyppikuvaston pääryhmään neljä (risteävät ajosuunnat). Onnettomuustyyppipääryhmän neljä onnettomuudet käsittävät pääasiassa suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen onnettomuuksia.

Edellisen perusteella heräsi kysymys, miksi poliisin kirjaamien onnettomuustyyppikirjausten mukaan porrastetuissa liittymissä näyttää tapahtuneen risteävien ajosuuntien välisiä onnettomuuksia, vaikka porrastetuissa liittymissä suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen välisiä onnettomuuksia ei luvussa 4.1 esitettyjen tutkimustulosten perusteella liittymämuodosta johtuen pitäisi tapahtua? Tälle löydettiin ainakin kolme selittävää tekijää: Ensinnäkin onnettomuudet liittyivät todellisuudessa tilanteisiin, joissa toinen tienkäyttäjä kääntyi joko sivutieltä päätielle tai päätieltä sivutielle törmäten suoraan menevään tienkäyttäjään kuten kääntymisonnettomuuksissa. Tällöin onnettomuudet oli kirjattu onnettomuustyyppin osalta epätarkasti, koska poliisin onnettomuusselostuksista selvisi toisen ajoneuvon olleen kääntymässä. Tämän vuoksi onnettomuus olisi voitu luokitella kääntymisonnettomuudeksi. Toisekseen risteävien ajosuuntien ryhmässä oli muutama tapaus, jossa esimerkiksi pyöräilijä ylitti päätietä sattumanvaraisesta kohtaa. Kolmanneksi joukossa oli tapaus, jossa jalankulkija oli ajautunut invalidimopolla pyörätieltä ja päätielle, jolloin auto oli törmännyt häneen ja syyksi oli kirjattu ajo risteäviä ajosuuntia suoraan. Näin ollen teoriaosuudessa esitetty tulos suoraan menevien risteävien ajoneuvojen välisistä onnettomuuksista on paikkansa pitävä ja todellisuudessa osa taulukon 12 pääryhmän Muut onnettomuudet onnettomuuksista kuuluisi Kääntymisonnettomuudet -pääryhmään. Tämän kasvattaisi hieman kääntymisonnettomuuksien osuutta. Joka tapauksessa selvää on, että porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista merkittävin osa on kääntymisonnettomuuksia, erityisesti vasemmalle kääntymiseen liittyviä.

7.6 Suunnitteluratkaisut

Seuraavassa tarkastellaan onnettomuusaineistoa suhteessa siihen, millaisia suunnitteluratkaisuja maanteiden porrastetuissa liittymissä on. Suunnitteluratkaisuja tarkastellaan turvallisuuden näkökulmasta ottaen huomioon onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet.

Porrastusvälin vaikutus

Taulukossa 13 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet porrastusvälin pituuden mukaan.

Taulukko 13. *Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet porrastusvälin pituuden mukaan vuosina 2009–2017.*

Porrastusväli	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
< 50 m	16	2228	12	12,1	0	0,00
50–150 m	55	2523	27	7,0	5	1,30
151–350 m	80	3666	66	8,1	1	0,12
> 350 m	34	3019	28	9,8	2	0,70
Yhteensä	185	3083	133	8,4	8	0,50

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemallla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ovat suurimpia porrastetuissa liittymissä, joissa porrastusväli on pisin (yli 350 m) tai porrastusväli on lyhyin (alle 50 m). Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteiden perusteella porrastusvälit 50–150 m ja 151–350 m näyttävät olevan kaikkein turvallisimpia. Vakavia kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tosin on tapahtunut enemmän porrastusvälillä 50–150 m.

Päätien kanavoinnin vaikutus

Taulukossa 14 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet päätien kanavoinnin mukaan. Taulukon tulosten perusteella kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä onnettomuusaste on kanavoimattomia porrastettuja liittymiä suurempi. Kanavoituja porrastettuja liittymiä on vähän ja niiden keskimääräinen liikennemäärä on kolminkertainen kanavoimattomiin liittymiin verrattuna. Sama tulos saadaan tarkasteltaessa erikseen oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastusta, joiden onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet päätien kanavoinnin mukaan on esitetty liitteessä G. Kanavoidussa vasen-oikeaporrastetussa liittymissä henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste on kanavoitua oikea-vasenporrastettua liittymää suurempi.

Taulukko 14. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusaste päätien kanavoinnin mukaan vuosina 2009–2017.

Kanavointi	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
Ei	160	2405	84	7,8	5	0,47
On ³	25	7420	49	9,5	3	0,58
Yhteensä	185	3083	133	8,4	8	0,50

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

³Päätien kanavointi molemmille sivuteille käännäessä.

Oikea-vasenporrastuksissa ja vasen-oikeaporrastuksissa oli lisäksi molemmissa kaksi porrastettua liittymää, joissa vain toiselle sivutielle käännäessä päätie oli kanavoitu. Näissä tapauksissa onnettomuusasteet olivat kuitenkin suuremmat verrattaessa porrastettuun liittymään, joissa päätien kanavointi oli toteutettu molemmille sivuteille käännäessä. Näitä tapauksia ei kuitenkaan tarkasteltu erikseen pienen liittymämäärän takia. Porrastetuissa liittymissä, joissa kanavointi oli toteutettu molemmille sivuteille käännäessä, päätien ajosuunnat oli erotettu toisistaan seitsemässä liittymässä korotetulla saarekkeella ja lopuissa 18 liittymässä tiemerkinnoilla. Kaikissa korotetulla saarekkeella kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä oli tapahtunut ainakin yksi henkilövahinko-onnettomuus. Tiemerkinnoilla kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä 12 liittymässä oli tapahtunut ainakin yksi onnettomuus ja kuudessa liittymässä onnettomuuksia ei tapahtunut ollenkaan. Kanavointitavan vaikutuksesta onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteisiin ei tehty tarkempaa analyysia, koska kyseisellä tarkastelutasolla liittymämäärät olivat vähäisiä.

Päätien kääntymiskaistojen vaikutus

Porrastetuissa liittymissä päätielle voidaan tehdä kääntymiskaistat sivuteille kääntymiseen. Käytännössä oikea-vasenporrastetussa liittymässä nämä ovat vasemmalle kääntymiskaistat ja vasen-oikeaporrastetussa liittymässä oikealle kääntymiskaistat, joten kääntymiskaistoja tarkasteltiin porrastustavoittain. Taulukossa 15 on esitetty oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet kääntymiskaistojen mukaan. Oikea-vasenporrastuksissa, joissa on vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännyttäessä, on hieman pienempi onnettomuusaste verrattuna oikea-vasenporrastuksiin, joissa ei ole kääntymiskaistoja (taulukko 15). Kääntymiskaistallisia porrastettuja liittymiä on vähän ja niiden keskimääräinen liikennemäärä on kolminkertainen kääntymiskaistattomiin oikea-vasenporrastuksiin verrattuna. Oikea-vasenporrastuksista kolmessa liittymässä oli vasemmalle kääntymiskaista vain toiselle sivutielle käännyttäessä, mutta määrä on pieni johtopäätösten tekemiseen. Kaikissa oikea-vasenporrastetuissa liittymissä, joissa oli vasemmalle kääntymiskaistat, oli pääsuunta myös kanavoitu erottamalla päätien ajosuunnat toisistaan.

Taulukko 15. Oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet kääntymiskaistojen mukaan vuosina 2009–2017.

Kääntymiskaistat	Liittymien määrä (kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
Ei	69	2541	41	8,2	1	0,20
On ³	12	7412	20	8,1	0	0,00
Vain toisessa ⁴	3	8182	9	13,2	0	0,00
Yhteensä	84	3500	70	8,6	1	0,12

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

³Vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännyttäessä

⁴Vasemmalle kääntymiskaista vain toiselle sivutielle käännyttäessä

Mikäli oikea-vasenporrastuksessa oli vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännyttäessä, oli suurimmassa osassa liittymiä kääntymiskaistat sijoitettu peräkkäin. Suurimmassa osassa vasemmalle kääntymiskaistallisista oikea-vasenporrastuksista porrastusväli oli 151–350 m. Vain neljäsosassa oikea-vasenporrastuksia kääntymiskaistat olivat rinnakkain (ks. kuva 9, kuva 10, luku 3.4). Rinnakkaisia kääntymiskaistoja käytettiin pienemmillä porrastusväleillä. Vasemmalle kääntymiskaistojen sijoittelun vaikutusta onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteisiin ei analysoitu, koska kuten kanavointitapaa tarkastellessa, olivat määrät tällä tarkastelutasolla pieniä luotettavien johtopäätösten tekemiseksi.

Taulukossa 16 on esitetty vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet kääntymiskaistojen mukaan. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien riski sekä henkilövahinko-onnettomuuksien että kuolemien osalta on merkittävästi pienempi

kääntymiskaistattomissa vasen-oikeaporrastuksissa verrattuna vasen-oikeaporrastuksiin, joissa on oikealle kääntymiskaistat molemmille tai toiselle sivutielle käännäyttäessä.

Taulukko 16. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet kääntymiskaistojen mukaan vuosina 2009–2017.

Kääntymiskaistat	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
Ei	84	2196	35	6,8	3	0,58
On ³	11	5099	17	10,9	3	1,92
Vain toisessa ⁴	6	5970	11	11,0	1	1,00
Yhteensä	101	2736	63	8,2	7	0,91

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuoleamalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

³Vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännäyttäessä

⁴Vasemmalle kääntymiskaista vain toiselle sivutielle käännäyttäessä

Kääntymiskaistallisissa vasen-oikeaporrastuksissa keskimääräinen liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä on kääntymiskaistattomia vasen-oikeaporrastuksia suurempi (taulukko 16). Ero ei kuitenkaan ole niin merkittävä kuin oikea-vasenporrastuksien vastaava ero. Kuitenkin kääntymiskaistallisten vasen-oikeaporrastusten pienempi kokonaismäärä ja suuremmat liikennemäärät verrattuna kääntymiskaistattomiin vasen-oikeaporrastuksiin selittänevät onnettomuusasteiden eroja. Kääntymiskaistallisissa vasen-oikeaporrastuksissa vain puolessa liittymistä päätie oli kanavoitu erottamalla päätien ajosuunnat toisistaan. Pääteiden ajosuuntien erottelun tarpeellisuus onkin liittymän muodosta johtuen merkittävämpi oikea-vasenporrastuksissa.

Väistötilan vaikutus

Väistötilaa tarkasteltiin erikseen oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksen osalta, koska porrastustavat ovat muodoltaan hyvin erilaisia. Taulukossa 17 on esitetty oikea-vasenporrastettujen ja taulukossa 18 vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet väistötilan mukaan.

Taulukko 17. Oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet väistötilan mukaan vuosina 2009–2017.

Väistötila	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
Ei	69	2842	51	9,3	1	0,18
On ³	15	6524	19	7,0	0	0,00
Yhteensä	84	3500	70	8,6	1	0,12

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuoleamalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

³Väistötila ainakin toisessa kolmihaaraliittymässä

Taulukko 18. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet väistötilan mukaan vuosina 2009–2017.

Väistötila	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.)
Ei	87	2575	50	8,0	5	0,80
On³	14	3739	13	8,9	2	1,37
Yhteensä	101	2736	63	8,2	7	0,91

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

³Väistötila ainakin toisessa kolmihaaraliittymässä

Oikea-vasenporrastuksissa, joissa ainakin toisessa kolmihaaraliittymistä on väistötila, on henkilövahinko-onnettomuuksien riski selkeästi pienempi verrattuna väistötilattomiin oikea-vasenporrastuksiin (taulukko 17). Vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä tilanne on henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riskin osalta päinvastainen. Henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemien riskit ovat pienempiä väistötilattomissa vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä verrattuna vasen-oikeaporrastettuihin liittymään, joissa ainakin toisessa kolmihaaraliittymässä on väistötila (taulukko 18).

Sivutien tulpan vaikutus

Taulukossa 19 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet sivutien tulppasaarekkeen mukaan. Taulukossa on erotettu tilanteet, joissa porrastetun liittymän kummallakaan sivutiellä ei ole tulppaa, molemmilla sivuteilla on tulppa tai vain toisella sivutiellä on tulppa.

Taulukko 19. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusasteet sivutien tulppasaarekkeen mukaan vuosina 2009–2017.

Sivutien tulppa	Liittymien määrä (kpl)	Liittymään saapuvat ajon./ vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./ 100milj. ajon.)	Kuolema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./100 milj. ajon.)
Ei	92	1001	19	7,4	1	0,39
Molemmilla sivuteilla	67	5501	89	8,7	6	0,59
Vain toisella sivutiellä	26	4218	25	8,2	1	0,33
Yhteensä	185	3083	133	8,4	8	0,50

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet ovat alhaisempia porrastetuissa liittymissä, joissa ei ole sivutien tulppasaarekettä kummallakaan sivutiellä (taulukko 19). Tämä johtuu todennäköisesti ilman tulppasaarekettä olevien liittymien selkeästi alhaisemmista liikennemääristä.

7.7 Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet

Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui porrastetuissa liittymissä yhteensä 30 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kaksi johti kuolemaan: jalankulkijaonnettomuus ja polkupyöräonnettomuus. Muissa kuin jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuuksissa ei ollut osallisina suojaamattomia tienkäyttäjiä. Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrät ja onnettomuusasteet porrastustavan mukaan on esitetty taulukossa 20. Onnettomuusasteissa on otettu huomioon vain ajoneuvoliikenteen määrät, koska suojaamattomien tienkäyttäjien liikennemäärätietoja ei ollut saatavissa. Aiempien tarkastelujen tapaan oikea-vasenporrastuksessa näyttää olevan hieman korkeampi henkilövahinko-onnettomuuksien riski. Puolet suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksista oli mopo-onnettomuuksia ja 40 % polkupyöräonnettomuuksia. Jalankulkijaonnettomuuksien määrä on pieni, kaksi tapausta.

Taulukko 20. Jalankulkijaonnettomuuksien (jk-onn.), polkupyöräonnettomuuksien (pp-onn.) ja mopo-onnettomuuksien (mopo-onn.) määrät ja onnettomuusasteet porrastustavan mukaan vuosina 2009–2017.

Porrastustapa	Liittymien määrä(kpl)	Liittymään saapuvat ajon./vrk	Jk-onn. (kpl)	Pp-onn. (kpl)	Mopo-onn. (kpl)	Hvjo yhteensä ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./ 100milj. ajon.)
Oikea-vasen	84	3500	0	9	9	18	2,2
Vasen-oikea	101	2736	2	3	7	12	1,6
Yhteensä	185	3083	2	12	16	30	1,9

¹Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet henkilövahinko-onnettomuudet yhteensä

Seuraavassa käydään läpi tarkemmin jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuuksia. Onnettomuustilanteita on osin havainnollistettu kuvilla, joissa punainen nuoli tarkoittaa autoilijaa ja keltainen nuoli tilanteesta riippuen jalankulkijaa, pyöräilijää tai mopoilijaa. Onnettomuustarkastelujen jälkeen esitetään, millaisia suunnitteluratkaisuja porrastetuissa liittymissä on suojaamattomille tienkäyttäjille.

7.7.1 Jalankulkijaonnettomuudet

Jalankulkijoille tapahtui yhteensä kaksi henkilövahinko-onnettomuutta vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä. Toinen henkilövahinko-onnettomuuksista oli vakavuudeltaan kuolemaan johtanut onnettomuus. Tapauksessa iäkäs mies oli kulkenut sähkökäyttöisellä invalidimopolla päätien yhdistettyä pyörätietä ja jalkakäytävää ajautuen autotielle, jossa ajoneuvo oli törmännyt häneen. Onnettomuuskuvauksen perusteella tapaus ei näyttäisi liittyvän liittymäratkaisuun. Toinen jalankulkijaonnettomuus johti jalankulkijan loukkaantumiseen. Onnettomuuden kulku on havainnollistettu kuvassa 26.



Kuva 26. Jalankulkija ylittää päätietä sattumanvaraisesta kohtaa ja sivutieltä päätielle kääntyvä ajoneuvo törmää häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa jalankulkijaa ja punainen autoa.

Kuvan 26 tilanteessa jalankulkija oli lähtenyt ylittämään päätietä tarkoituksena päästä ensin päätien kanavoidulle korotetulle saarekkeelle. Sivutieltä oli tullut vasemmalle päätielle kääntyvä ajoneuvo. Ajoneuvon kuljettaja ei ollut huomannut jalankulkijaa, jolloin ajoneuvo oli törmännyt jalankulkijaan. Myöskään jalankulkija ei ollut havainnut, että vasemmalta oli tullut ajoneuvo. Liittymässä ei ollut järjestelyitä päätien turvalliseen risteämiseen.

7.7.2 Polkupyöräonnettomuudet

Henkilövahinkoon johtaneita polkupyöräonnettomuuksia tapahtui yhteensä 12, joista kolme tapahtui vasen-oikeaporrastetussa liittymässä ja loput oikea-vasenporrastetussa. Yksi polkupyöräonnettomuus johti kuolemaan. Tilanteessa pyöräilijä oli ajanut sivutieltä päätielle, eikä ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta. Päätieltä ajava ajoneuvo oli törmännyt häneen. Myös kahdessa loukkaantumiseen johtaneessa onnettomuudessa oli vastaava tilanne, joissa molemmissa tapauksissa pyöräilijä oli tullut sivutieltä aikeissa ylittää päätie, muttei huomannut väistää päätiellä ajavaa ajoneuvoa. Yhdessä tapauksista päätien yli oli pyörätien jatke, mutta muuten päätien ylittämiseen ei ollut järjestelyitä. Kuten suomalaisista asiantuntijavastauksista (luku 6.2) kävi ilmi, tienkäyttäjäpalautteiden perusteella suojaamaton tienkäyttäjä ei aina tiedä paikkaansa porrastetussa liittymässä, eikä tiedetä, mistä kohtaa liittymä tulisi ylittää. Edellä mainittujen tilanteiden ja kuvan 26 tilanteen onnettomuudet liittynevätkin tilanteisiin, joissa ei tiedetä, mistä kohtaa liittymä tulee ylittää, koska päätien ylittämiseen tai alittamiseen ei ole toteutettu järjestelyitä. Tällöin päätie ylitetään sattumanvaraisesta kohtaa. Onnettomuuksien ehkäisemiseksi porrastetussa liittymässä voitaisiin toteuttaa alikulku, jota käyttämällä päätietä ei tarvitsisi ylittää tasossa.

Porrastetuissa liittymissä tapahtui myös kolme polkupyöräonnettomuutta, joissa pyöräilijä oli kääntynyt vasemmalle takaa tulevan ajoneuvon eteen kuvan 27 tapaisessa tilanteessa. Kahdesta onnettomuusselostuksesta kävi ilmi pyöräilijän olleen aikeessa kääntyä

vasemmalle sivutielle. Näin ollen myös nämä onnettomuudet liittynevät turvallisen ylityspaikan puuttumiseen. Myös tässä kohtaa alikululla voitaisiin ehkäistä vastaavia onnettomuuksia, kun päätieta ei tarvitsisi ylittää tasossa.



Kuva 27. Pyöräilijä pyöräilee päätien reunassa ja kääntyy takana tulevan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.

Melkein puolet kaikista polkupyöräonnettomuuksista (5/12 onnettomuutta) liittyi kääntymiseen, jossa autoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta kääntyessään joko sivutieltä päätielle tai päätieltä sivutielle: Kolmessa loukkaantumiseen johtaneessa polkupyöräonnettomuudessa autoilija rikkoi väistämisvelvollisuutta kääntyessään sivutieltä päätielle. Näissä kolmessa onnettomuustilanteessa pyöräilijä ajoi päätien ajoradalla suoraan ja oli ohittamassa sivutietä, kun sivutieltä päätielle kääntyvä ajoneuvo oli ajanut pyöräilijän eteen tai kylkeen. Esimerkkitalanne on havainnollistettu kuvassa 28. Kuvan 28 liittymässä tapahtui kaksi vastaavaa tapausta. Liittymässä ei ole järjestelyitä suojaamattomille tienkäyttäjille. Onnettomuuksien ehkäisemiseksi liittymässä voitaisiin toteuttaa suojaamattomat tienkäyttäjät huomioiva ratkaisu kuten pyörätie ja alikulku.



Kuva 28. Pyöräilijä ohittaa sivutietä päätien suuntaisesti sivutieltä kääntyvän auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvan liittymässä tapahtui kaksi vastaavaa tapausta. Liittymässä ei ole järjestelyistä suojaamattomille tienkäyttäjille. Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.

Kaksi onnettomuutta liittyivät vastaavanlaiseen tilanteeseen, jossa pyöräilijä oli ollut ajamassa päätieta ja pyöräilijän ylittäessä sivutiet auto oli törmännyt häneen. Näissä kahdessa tapauksessa auto oli edellisistä tilanteista poiketen kääntynyt päätieltä sivutielle pyöräilijän eteen tai kylkeen. Tilanne on havainnollistettu kuvassa 29.



Kuva 29. Pyöräilijä ylittämässä sivutietä päätien suuntaisella pyörätiellä päätieltä kääntyvän auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa. Kuvan liittymässä samassa kohtaa tapahtui myös vastaava mopo-onnettomuus. Erona oli, että mopoilija oli ajamassa mopoilijoille sallittua pyörätietä päätien suuntaisesti kuvassa vasemmalle, kun kuvan tilanteessa polkupyöräilijä ajoi oikealle.

Yksi polkupyöräonnettomuuksista oli mopoilijasta johtuva ohitusonnettomuus. Tilanteessa mopoilija oli ohittanut päätiellä pyöräilijän tämän vasemmalta puolelta liian läheltä, jolloin mopon oikea kahva oli osunut pyöräilijään ja pyöräilijä oli kaatunut.

7.7.3 Mopo-onnettomuudet

Henkilövahinkoon johtaneita mopo-onnettomuuksia tapahtui yhteensä 16, joista yhdeksän oikea-vasenporrastetussa ja seitsemän vasen-oikeaporrastetussa liittymässä. Kaikki onnettomuudet olivat vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Osa mopo-onnettomuuksista oli vastaavia kuin edellä kuvatut polkupyöräonnettomuudet. Kaksi onnettomuutta oli vastaavia kuin kuvassa 27 kuvattu polkupyöräonnettomuus: mopoilija oli ajanut päätieta ja aikeissa kääntyä vasen-oikeaporrastuksessa sivutielle kääntyen vasemmalle takaa tulevan auton eteen. Mopoilijoille sallittu pyörätie ja alikulku olisivat todennäköisesti estäneet onnettomuuksien tapahtumisen, mikäli mopoilijat olisivat käyttäneet niitä. Kolme tapauksista oli vastaavia kuin kuvassa 28 kuvattu polkupyöräonnettomuus: Mopoilija oli ajamassa päätieta pitkin ja oli ohittamassa sivutietä, kun sivutieltä päätielle kääntyvä ajoneuvo oli törmännyt häneen. Näin siitä huolimatta, että kahdessa onnettomuudessa mopoilija oli ajanut mopoilijoille sallitulla pyörätiellä. Kaksi tapausta oli kuvan 29 tapaisia, joissa erona edellisestä oli, että autoilija oli kääntynyt päätieltä sivutielle mopoilijan eteen tai kylkeen.

Yhdestä mopo-onnettomuudesta ei ollut tarkempaa selostusta kuin, että se liittyi risteämiseen. Yleisesti ottaen polkupyöräonnettomuuksien tapaan melkein puolet kaikista mopo-onnettomuuksista (7/16 onnettomuutta) liittyi kääntymiseen, jossa autoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta kääntyessään sivutieltä päätielle tai päätieltä sivutielle. Tämän viittaa siihen, ettei autoilija ollut havainnut mopoilijaa.

Lähes kolmannessa mopo-onnettomuudessa (5/16 onnettomuutta) mopoilija ei ollut noudattanut liikennesääntöjä. Neljä näistä onnettomuuksista oli kuvassa 30 kuvatus tilanteen kaltainen. Tilanteessa mopoilija oli tullut liittymään sivutieltä ja kääntynyt päätielle noudattamatta väistämisvelvollisuutta, jolloin päätieltä ajanut auto oli ajanut mopoilijan kylkeen. Yksi liikennesääntöjen noudattamatta jättäminen oli onnettomuus, jossa mopoilija oli ikään kuin oikaissut käännoksen suoraksi. Mopoilija oli kääntynyt päätieltä sivutielle vastaantulevan kaistan kautta ja törmännyt sivutietä vastaantulevan auton keulaan.



Kuva 30. Mopoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta vaan oli kääntynyt päätieltä ajavan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa mopoilijaa ja punainen autoa.

Kahdessa mopo-onnettomuudessa ajoneuvon kuljettaja ei ollut huomionnut mopoilijan liikkeitä: Yhdessä onnettomuudessa auton kuljettaja oli arvioinut ohitusmatkan väärin ja lähtenyt ohittamaan päätieltä samaan suuntaan ajanutta mopoa ja kääntynyt tämän jälkeen oikealle mopoilijan eteen. Ajoneuvon kuljettajan oli tarkoitus kääntyä oikealle sivutielle. Toisessa tilanteessa päätieltä ajavan ajoneuvon kuljettaja oli lähtenyt ohittamaan vasemmalta mopoilijaa, eikä ollut huomannut, että mopo oli laittanut vilkun ja kääntymässä vasemmalle sivutielle. Ajoneuvon kuljettaja oli törmännyt edestä vasemmalle kääntyvään mopoilijaan. Yksi onnettomuuksista liittyi peräänajoon tilanteessa, jossa mopoilija oli pysähtynyt ajoväylälle mopon sammussa tielle.

7.7.4 Suunnitteluratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille

Suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettujen ratkaisujen osalta tarkasteltiin ensinnäkin, oliko porrastetussa liittymässä päätien risteämiseen toteutettu eritasoratkaisu vai tasoratkaisu vai oliko järjestelyt jätetty kokonaan toteuttamatta. Kuvissa 31-33 on esitetty eri

vaihtoehdot, joilla päätien risteäminen oli toteutettu. Eritasoratkaisu oli tutkittujen porrastettujen liittymien tapauksessa alikulku (kuva 31). Tasoratkaisuvaihtoehdot olivat: keskisaareke (kuva 32) tai suojatie tai pyörätien jatke ilman saarekettä (kuva 33). Keskisaareke kattoi myös saarekkeet, joissa ei ollut suojatietä tai pyörätien jatketta, mutta saarekkeessa oli jalankulkijoille ja pyöräilijöille tarkoitettu aukko. Toisekseen tarkasteltiin, oliko suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettu oma väylä, tässä tapauksessa yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä (kuva 32, kuva 33), jossa pyörätie oli useissa tapauksissa sallittu myös mopoiiloille (kuva 31), vai tuliko suojaamattomien tienkäyttäjien kulkea autotien reunassa ilman järjestelyitä.



Kuva 31. Alikulku ja mopoiiloille sallittu pyörätie porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).

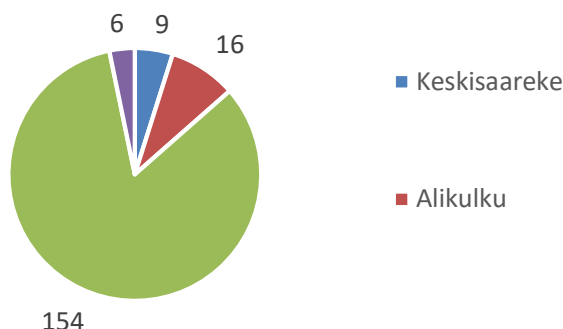


Kuva 32. Keskisaareke sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).



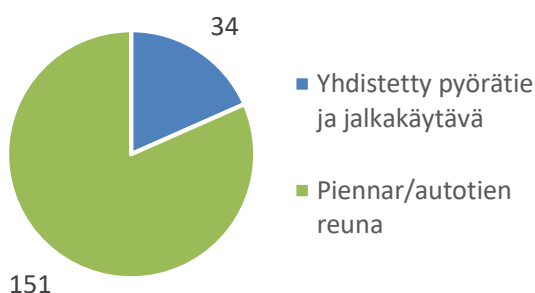
Kuva 33. Suojatie tai pyöräilyväylän jatke ilman saarekettä sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).

Kuvassa 34 on esitetty suojaamattomien tienkäyttäjien päätien risteämisjärjestelyt tarkastelluissa maanteiden porrastetuissa liittymissä.



Kuva 34. Suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyt päätien ylittämiseen tai alittamiseen porrastetuissa liittymissä ($n=185$).

Kuvassa 35 on esitetty suojaamattomien tienkäyttäjien paikka porrastetuissa liittymissä. Suurimmassa osassa liittymistä, joissa oli jokin järjestely päätien ylittämiseen tai alittamiseen, oli myös eroteltu autoliikenne ja suojaamattomat tienkäyttäjät toisistaan. Tällöin suojaamattomille tienkäyttäjille oli toteutettu yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä, joka oli usein sallittu myös mopoille.



Kuva 35. Suojaamattomien tienkäyttäjien paikka porrastetuissa liittymissä ($n=185$).

Liitteessä H on esitetty järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille ja porrastetut liittymät, joissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui ainakin yksi henkilövahinkoon johtanut onnettomuus. Porrastettuja liittymiä, joissa tapahtui onnettomuuksia suojaamattomille tienkäyttäjille, oli yhteensä 21. Alle puolessa näistä liittymistä (9/21 liittymää) oli toteutettu jokin järjestely päätien ylittämiseen. Henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtui yhteensä 11 oikea-vasenporrastetussa liittymässä ja 10 vasen-oikeaporrastetussa liittymässä. Suunnitteluratkaisujen vaikutusta ei näin pienillä onnettomuusmäärillä voida pitää luotettavana johtopäätösten tekemiseen. Henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtui yhtä lailla riippumatta siitä, oliko porrastetussa liittymässä toteutettu järjestelyitä suojaamattomille tienkäyttäjille vai ei. Tästä johtuen suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettujen suunnitteluratkaisujen vaikutusta onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteisiin ei voida tarkastella edellä esitettyjen suunnitteluratkaisujen tapaan.

7.8 Liittymäkohtainen tarkastelu

Liittymäkohtaisessa tarkastelussa tarkasteltiin liittymiä, joissa tapahtui eniten henkilövahinko-onnettomuuksia. Kaikista porrastetuista liittymistä 20:ssä liittymässä tapahtui henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia kolme tai enemmän. Näistä 11 oli porrastustavaltaan oikea-vasenporrastuksia ja loput 9 vasen-oikeaporrastuksia. Porrastetut liittymät, joissa tapahtui enemmän kuin kaksi henkilövahinko-onnettomuutta on esitetty liitteessä I.

Suunnitteluratkaisujen perusteella ei voitu tulkita liittymiä onnettomuusalttiimmiksi joidenkin suunnitteluratkaisujen puuttumisen takia. Liitteen I perusteella onnettomuuksia näyttää tapahtuneen huolimatta siitä, oliko liittymä kanavoitu, oliko kääntymiskaistat sivuteille kääntymiseen tai oliko suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettu järjestelyitä. Myöskään sivutien liikenteen osuus saapuvien ajoneuvojen määrästä ei antanut yhteneviä tuloksia koko liittymäjoukon suhteen. Ainoa yhdistävä tekijä löydettiin liittymään saapuvien ajoneuvojen määrästä. Kaikkien porrastettujen liittymien ($n = 185$) liittymiin vuorokaudessa saapuvien ajoneuvojen keskiarvo oli 3083 ajon./vrk (oikea-vasen: 3500 ajon./vrk ja vasen-oikea 2736 ajon./vrk). Tarkasteltaessa 20 porrastettua liittymää, joissa henkilövahinko-onnettomuuksia oli tapahtunut kolme tai enemmän, oli liittymään saapuvien ajoneuvojen keskimääräistä suurempi määrä niitä yhdistävä tekijä. Näissä liittymissä liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä oli kahta liittymää lukuun ottamatta kaikkien liittymien keskiarvoa suurempi. Kyseisissä porrastetuissa liittymissä liittymään vuorokaudessa saapuvien ajoneuvojen keskiarvo oli 7094 ajon./vrk (oikea-vasen: 7869 ajon./vrk ja vasen-oikea: 6995 ajon./vrk) eli yli kaksinkertainen kaikkien porrastettujen liittymien keskiarvoon verrattuna. Suuremmat liikennemäärät selittänevät ainakin osittain, miksi näissä 20 liittymässä on enemmän onnettomuuksia verrattuna muihin porrastettuihin liittymiin.

Koska onnettomuusmäärät suurimmassa osassa näistä 20 liittymästä olivat pieniä luotettavien johtopäätösten tekemiseen (liite I), valittiin tarkempaan tarkasteluun molemmista porrastustavoista muutama liittymä, joissa henkilövahinko-onnettomuuksia oli tapahtunut eniten. Tarkasteluun otettiin oikea-vasenporrastuksista ja vasen-oikeaporrastuksista liittymät, joissa henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia oli tapahtunut enemmän kuin neljä. Onnettomuudet liittyvät pääasiassa kääntymisiin ja suistumisiin. Joukossa oli myös muutama peräänajo. Tarkastelujen perusteella onnettomuudet eivät riippuneet niinkään erilaisista suunnitteluratkaisuista tai niiden puuttumisesta, vaan enemmänkin väistämisvelvollisuuden noudattamatta jättämisestä, liian suurista tilannenopeuksista ja siitä, ettei havainnoitu kunnolla muuta liikennettä ja huomattu toista tienkäyttäjää.

Oikea-vasenporrastetut liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinko-onnettomuuksia

Oikea-vasenporrastetussa liittymässä Hämeentiellä Tuusulassa tapahtui kaikista porrastetuista liittymistä ($n = 185$) eniten henkilövahinko-onnettomuuksia: yhteensä seitsemän. Hämeentien porrastettu liittymä on esitetty kuvassa 36. Kaikki seitsemän onnettomuutta olivat vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Liittymässä tapahtui kaikista tarkastelluista porrastetuista liittymistä myös eniten henkilövahinko-onnettomuuksia suojaamattomille tienkäyttäjille, sillä näistä seitsemästä henkilövahinko-onnettomuudesta neljä oli suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksia. Liittymässä oli keskimääräistä huomattavasti suurempi liikennemäärä: kaikista tarkastelluista porrastetuista liittymistä seitsemänneksi suurin ($KVL = 11\,185$ ajon./vrk.) Liittymässä tapahtui kaksi yksittäisonnettomuutta, kääntymisonnettomuus, polkupyöräonnettomuus ja kaksi mopo-onnettomuutta. Yksittäisonnettomuudet liittyivät tieltä suistumiseen. Toisessa yksittäisonnettomuudessa autoilija oli suistunut päätieltä ja törmännyt tolppaan alkoholin vaikutuksen alaisena ja toisessa tapauksessa autoilija oli ajanut liian lähelle lumista tienreunaa suistuen tieltä. Muut Hämeentien liittymässä tapahtuneet onnettomuudet tapahtuivat pää- ja sivuteiden risteämiskohdissa ja liittyivät kääntymisiin, joissa toinen autoilijoista ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta.



Kuva 36. Oikea-vasenporrastettu liittymä Hämeentie 28, Tuusula (kuva Google Maps).

Hämeentien liittymän (kuva 36) kääntymisonnettomuus, yksi polkupyöräonnettomuudesta ja yksi mopo-onnettomuudesta tapahtuivat Hämeentien (päätie) ja Nummenväylän (sivutie) risteämiskohdassa: Kääntymisonnettomuudessa autoilija oli tullut liittymään Nummenväylää ja kääntynyt Hämeentielle päätietä ajavan autoilijan eteen. Polkupyöräonnettomuudessa pyöräilijä ajoi Hämeentietä mopoilijoille sallittua pyörätietä pitkin. Hän oli ylittämässä Nummenväylää, kun päätietä ajava auto oli kääntynyt Hämeentieltä vasemmalle Nummenväylälle pyöräilijän kylkeen. Mopo-onnettomuus oli muuten vastaava kuin polkupyöräonnettomuus, mutta toisin kuin polkupyöräonnettomuudessa, auto oli kääntymässä Nummenväylältä Hämeentielle törmäten mopoilijaan. Kaksi muuta mopo-

onnettomuutta tapahtuivat Hämeentien (päätie) ja Rusutjärventien (sivutie) risteämiskohdassa. Molemmissa tilanteissa mopo oli ajanut Hämeentietä mopoilijoille sallitulla pyörätiellä. Mopoilijan ylittäessä Rusutjärventien liittymähaaraa oli Rusutjärventietä liittymään ajava Hämeentielle kääntymässä ollut auto törmännyt mopoilijaan.

Toiseksi eniten onnettomuuksia tapahtui kahdessa oikea-vasenporrastetussa liittymässä, joissa molemmissa tapahtui kuusi loukkaantumiseen johtanutta onnettomuutta. Toinen näistä liittymistä oli kuvassa 37 esitetty Laihiantien oikea-vasenporrastettuliittymä Mustasaarella. Liittymässä tapahtui yhteensä neljä yksittäisonnettomuutta, ohitusonnettomuus ja yksittäisonnettomuus. Kaikki yksittäisonnettomuudet liittyivät tieltä suistumiseen. Risteämisonnettomuudessa auto oli tullut Porintietä (sivutie) ja väistämisvelvollisuutta noudattamatta kääntynyt oikealle Laihiantielle (päätie) törmäten Laihiantietä ajavaan autoon. Ohitusonnettomuudessa liikennetraktori oli ohittanut toisen liikennetraktorin päätien liikennesaarekkeen väärältä puolen ja törmännyt vastaantulevaan ajoneuvoon.



Kuva 37. Oikea-vasenporrastettu liittymä Laihantie 171, Mustasaari (kuva Kartta-paikka).

Oikea-vasenporrastetussa liittymässä Helsingintiellä Lapinjärvellä tapahtui myös kuusi loukkaantumiseen johtanutta onnettomuutta. Helsingintien oikea-vasenporrastettu liittymä on esitetty kuvassa 38. Onnettomuudet olivat tyypillisiä porrastetuissa liittymissä tapahtuneita onnettomuuksia: kaksi kääntymisonnettomuutta ja loput neljä kääntymiseen liittyvää risteämisonnettomuutta. Kaikki onnettomuudet tapahtuivat Helsingintien (päätie) ja Koivistontien (sivutie) risteämiskohdassa. Ensimmäisessä kääntymisonnettomuudessa auto oli tullut Helsingintietä kuvan suunnassa oikealta vasemmalle. Kääntyessään vasemmalle Koivistontielle oli kuljettaja arvioinut vastaantulevan auton etäisyyden väärin ja kääntynyt Helsingintietä vastaantulevan auton eteen. Toisessa kääntymisonnettomuudessa auto oli tullut liittymään Koivistontietä ja kääntynyt vasemmalle Helsingintielle päätieltä ajavan auton eteen. Kaikki neljä risteämisonnettomuuksiksi kirjattua tapusta olivat tapahtumakulultaan vastaavia kuin jälkimmäinen kääntymisonnettomuus.



Kuva 38. Oikea-vasenporrastettu liittymä Helsingintie 1390, Lapinjärvi (kuva Google Maps).

Onnettomuuksia on johtopäätösten tekemiseksi vähän, mutta kuten kuvasta 38 näkyy, on Koivistontien liittymähaarassa huoltoasema. Tämä tekee liittymänhaarasta ajoittain vilkkaan, mikä voi lisätä onnettomuusaltistusta. Liittymä on hyvä esimerkki porrastetusta liittymästä, jossa on toteutettu useita eri tienkäyttäjää huomioivia järjestelyitä. Liittymässä on ajoneuvoliikenteelle tiemerkinnoin toteutettu kanavointi ja rinnakkain sijoitetut vasemmalle kääntymiskaistat. Suojaamattomille tienkäyttäjille on toteutettu päätien risteämiseen alikulku ja mopoilijoille sallittu pyörätie (kuva 38).

Vasen-oikeaporrastetut liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinko-onnettomuuksia

Vasen-oikeaporrastetuista liittymissä tapahtui kahdessa liittymässä viisi henkilövahinko-onnettomuutta, mikä oli vasen-oikeaporrastettujen liittymien suurin liittymäkohtainen onnettomuusmäärä. Munsalan valtatiellä Uusikaarlepyyssä sijaitsevassa vasen-oikeaporrastetussa liittymässä viidestä henkilövahinko-onnettomuudesta kaksi johti kuolemaan ja loput loukkaantumiseen. Munsalan valtatie vasen-oikeaporrastettu liittymä on esitetty kuvassa 39.



Kuva 39. Vasen-oikeaporrastettu liittymä Munsalan valtatie (Vi8 1388), Uusikaarlepyy (kuva Google Maps).

Munsalan valtatie liittymän kuolemaan johtaneista onnettomuuksista toinen oli yksittäisonnettomuus ja toinen risteämisonnettomuus. Yksittäisonnettomuudessa ajoneuvo oli suistunut tieltä. Risteämisonnettomuudessa autoilija oli ajanut Läntistä Jepuantietä (sivutie) ja väistämisvelvollisuutta noudattamatta kääntynyt Munsalan valtatielle (päätie), jolloin Munsalan valtatieltä ajanut rekka oli törmännyt henkilöautoon ja henkilöauton kuljettaja kuoli (kuva 39). Loukkaantumiseen johtaneista onnettomuuksista yksi oli kääntymisonnettomuus ja kaksi muuta yksittäisonnettomuuksia. Kääntymisonnettomuus oli tapahtumakulultaan samanlainen kuin kuolemaan johtanut onnettomuus. Molemmissa yksittäisonnettomuuksissa autonkuljettaja oli menettänyt auton hallinnan ja suistunut tieltä.

Nelostien vasen-oikeaporrastetussa liittymässä Jyväskylässä tapahtui viisi henkilövahinko-onnettomuutta, joista kaikki olivat vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Nelostien vasen-oikeaporrastettu liittymä on esitetty kuvassa 40. Liittymässä tapahtui kaksi yksittäisonnettomuutta, kaksi peräänajo-onnettomuutta ja jalankuljajaonnettomuus.



Kuva 40. Vasen-oikeaporrastettu liittymä Nelostie 944, Jyväskylä (kuva Google Maps).

Yhdessä Nelostien liittymän (kuva 40) yksittäisonnettomuuksista moottoripyöräilijä oli tehnyt äkkijarrutuksen ja kaatunut luullessaan vastaantulevan auton tulevan hänen kaislalleen. Toisessa yksittäisonnettomuudessa auto oli ajanut liian suurella tilannenopeudella liittymään ja suistunut tieltä. Peräänajo-onnettomuudessa autoilija oli tullut Tikkakoskentie (sivutie) liittymään, eikä ollut auringon häikäisemänä huomannut liittymässä pysähtyneenä olevaa autoa ja ajanut tämän pysähtyneen auton perään. Toinen peräänajo oli Nelostiellä (päätie) tapahtunut usean auton ketjukolari, jossa letkan edellä ajava auto oli joutunut pysähtymään Kuukanpääntielle (sivutie) kääntymässä olevan rekan taakse, koska ei ollut mahtunut ohittamaan tätä vasemmalta. Liittymässä ei ollut oikealle kääntymiskaistaa, joka olisi mahdollistanut ohittamisen vasemmalta. Liittymän jalankuljajaonnettomuus kuvattiin luvussa 8.6 jalankuljajaonnettomuuksien käsittelyn yhteydessä (kuva 26). Onnettomuus liittyi päätien ylittämiseen sattumanvaraisesta kohdasta.

8. TULOSTEN ANALYSOINTI

8.1 Henkilövahinko-onnettomuudet porrastetuissa liittymissä

Onnettomuudet liittyivät kääntymiseen, tieltä suistumiseen ja peräänajoihin. Onnettomuuksista lähes neljännes tapahtui suojaamattomille tienkäyttäjille.

Tutkimusaineiston 185 maanteiden porrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan ja loput loukkaantumiseen. 84 oikea-vasenporrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 70 henkilövahinko-onnettomuutta ja 101 vasen-oikeaporrastetussa liittymässä 63. Kaikista tienkäyttäjistä suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui yhteensä 30 onnettomuutta, mikä oli 23 % kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista. Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet olivat kokonaismäärältään tarkasteltuna toiseksi suurin onnettomuusluokka heti yksittäisonnettomuuksien jälkeen (taulukko 11, luku 7.4), mikä on tyypillistä maanteillä tapahtuville henkilövahinko-onnettomuuksille (kuva 3, luku 3.1). Porrastetuissa liittymissä henkilövahinko-onnettomuuksien riskit olivat sitä suurempia mitä suurempi oli liittymään sivutieltä saapuvien ajoneuvojen osuus (taulukko 7, luku 7.3).

Suurin osa porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista liittyi kääntymiseen 36 %, tieltä suistumiseen 29 % ja peräänajoon 20 %. Muiden onnettomuuksien osuus oli 14 %. (taulukko 12, luku 7.5) Muut onnettomuudet sisälsivät lähinnä kohtaamis- ja ohitusonnettomuuksia sekä epäselviä kääntymiseen ja tien ylitykseen liittyviä tapauksia. Kääntymisonnettomuuksissa toinen ajoneuvoista kääntyi joko päätieltä sivutielle tai sivutieltä päätielle törmäten suoraan liikkuvaan tienkäyttäjään. Tyypillisesti onnettomuudet liittyivät kääntyvän ajoneuvon osalta väistämisvelvollisuuden laiminlyömiseen. Suurimmassa osassa tapauksia ei todennäköisesti havaittu suoraan liikkuvaa tienkäyttäjää tai arvioitiin etäisyys väärin. Peräänajo-onnettomuudet olivat tyypillisesti tilanteita, joissa takaa tuleva ajoneuvo törmäsi edellä olevaan ajoneuvoon, joka oli joko jarruttamassa, pysähtynyt tai kääntymässä vasemmalle. Peräänajojen taustalla oli tavallisesti liian suuri tilannenopeus tai kuljettaja ei reagoinut ajoissa edellä ajavan ajoneuvon liikkeisiin. Tavallisin suistumisonnettomuus tapahtui ajoneuvon suistuessa tieltä liittymässä, kun nopeutta ei ollut sopeutettu liikenneympäristöön sopivaksi.

Suurin osa porrastettujen liittymien kääntymisonnettomuuksista liittyi vasemmalle kääntymiseen (taulukko 12, luku 7.5). Vasemmalle kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia oli ainakin neljännes (26 %) porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksien kokonaismäärästä. Oikealle kääntymisiä oli 3 % ja muita kääntymisiä, joissa ei ollut ilmaistu kääntymissuuntaa, oli 8 %. Vasemmalle kääntymiseen liittyvien onnet-

tomuuksien määrä on ainakin neljännes, koska osa risteämisonnettomuuksista oli merkattu osin virheellisesti suoraan ajavien liikennevirtojen väliseksi onnettomuudeksi, vaikka poliisin onnettomuusselostusten perusteella onnettomuus oli kääntymisonnettomuus. Tällöin myös nämä onnettomuudet olisi voitu kirjata kääntymisiin liittyviksi. Selvää kuitenkin on, että vasemmalle kääntymisten osuus kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista on merkittävä. Tulos tukee työn teoriaosuudessa esitettyä havaintoa porrastettuja liittymiä koskevan turvallisuustarkastelun osalta. Tarkastelussa todettiin risteävien liikennevirtojen välisien onnettomuuksien liittyvän vasemmalle kääntyvään ajoneuvoon, kun taas suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen väliset onnettomuudet puuttuvat käytännössä kokonaan (luku 4.2). Tämä on seurausta porrastetun liittymän konfliktipisteiden pienemmästä määrästä verrattuna nelihaaraliittymään (kuva 12, luku 4.1). Myös suomalaisissa asiantuntijavastauksissa tunnistettiin kääntymisonnettomuuksien mahdollisuus, vaikka risteämisonnettomuuksista päästäisiin eroon. Vasemmalle kääntymisen arvioitiin olevan ongelmallinen porrastetuissa liittymissä. (Luku 6.2)

Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tapahtui enemmän henkilövahinko-onnettomuuksia ja oli suurempi onnettomuusaste verrattuna vasen-oikeaporrastettuihin liittymiin.

Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli suurempi kuin vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä (8,6 vs. 8,2). Kuoleman riskin osalta tilanne oli päinvastainen (0,12 vs. 0,91). (Taulukko 6, Luku 7.3) Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrät olivat pieniä. Sattuman vaikutus korostuu erityisesti pienissä lukumäärissä, joten kovin luotettavia johtopäätöksiä ei voida kuolemien osalta tehdä. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tapahtui lähes kaksinkertainen määrä vasemmalle kääntymisonnettomuuksia vasen-oikeaporrastettuihin liittymiin verrattuna, vaikka oikea-vasenporrastettuja liittymiä oli vähemmän. Kun otetaan lisäksi huomioon suurimman osan vasemmalle kääntymiseen liittyvistä onnettomuuksista tapahtuneen oikea-vasenporrastuksissa (taulukko 12, luku 7.5), vaikuttaa siltä, että erityisesti vasemmalle kääntymiset vaikuttavat ainakin osaltaan oikea-vasenporrastuksien suurempaan henkilövahinko-onnettomuuksien riskiin vasen-oikeaporrastuksiin verrattuna.

Vasemmalle kääntymiseen liittyvien onnettomuuksien suurempi määrä oikea-vasenporrastuksissa liittyyne liittymämuotoon ja sijaintiin. Lähes kaikki tutkitut porrastetut liittymät sijaitsivat taajaman ulkopuolella. Taajaman ulkopuolella erityisesti päätieltä vasemmalle kääntyminen on sekä suomalaisissa että ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa tunnistettu vaaralliseksi. Suomalaisissa ja ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa suositellaan käytettäväksi maaseudulla vasen-oikeaporrastusta ja taajamissa oikea-vasenporrastusta (luku 3.4, luku 5.2). Porrastetuista liittymissä oikea-vasenporrastuksia oli 84 ja vasen-oikeaporrastuksia 101. Oikea-vasenporrastuksia on maanteillä taajaman ulkopuolelle paljon siitä huolimatta, että tasoliittymäohjeessa suositellaan käytettäväksi oikea-vasenporrastuksia taajamissa. Tuloksiin voi osaltaan vaikuttaa porrastettuihin liittymiin liittyvä epätark-

kuus. Kuten Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa ei tämänkään tutkimuksen tarkasteluissa voitu erotella esimerkiksi tarkoituksella toteutettuja porrastettuja liittymiä muutoin lähekkäin sijaitsevista kolmihaaraliittymistä, joiden järjestelyt voivat poiketa porrastettujen liittymien järjestelyistä.

8.2 Suunnitteluratkaisujen vaikutus turvallisuuteen

Porrastusvälit 50–350 m oli porrastusväleistä turvallisin. Tätä suuremmilla väleillä onnettomuudet kertyvät pidemmältä tiejaksolta ja lyhemmillä väleillä liittymätöiminnot voivat sotkeutua.

Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteiden perusteella porrastusvälit 50–350 m olivat kaikkein turvallisimpia. Porrastusväleillä 50–150 m ja 151–350 m henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet olivat selkeästi pienemmät verrattuna lyhempiin tai pidempiin porrastusväleihin. Tätä alle tai yli olevat porrastusvälit kasvattavat henkilövahinko-onnettomuuksien riskiä. (Taulukko 13, Luku 7.6)

Pidemmillä porrastusväleillä suurempaa onnettomuusriskiä selittää todennäköisesti onnettomuuksien kertyminen pidemmältä tienjaksolta verrattuna lyhempiin porrastusväleihin. Alle 50 m porrastusväleillä olevia liittymiä oli vähemmän kuin muita porrastettuja liittymiä. Lyhyemmillä porrastusväleillä kolmihaaraliittymien konfliktipisteet ovat lähempänä toisiaan. Tällöin kohdataan ajassa ja paikassa enemmän potentiaalisia ongelmia, mikä lisää onnettomuusriskiä. Lisäksi kolmihaaraliittymien liittymätöiminnot ovat lähempänä toisiaan. Tämä voi aiheuttaa osin liittymätöimintojen sotkeutumista ja epäselvyyttä ajokäyttäytymisessä lisäten onnettomuusriskiä. (luku 4.2) Myös teoriaosuuden tasoliittymien henkilövahinko-onnettomuuksien yleisessä tarkastelussa todettiin alle 50 m päässä maanteiden tasoliittymästä tapahtuvan selkeästi muuta tieosuutta enemmän onnettomuuksia, ja että liittymien keskialueella on konfliktipisteiden vuoksi muuta tieosuutta suurempi onnettomuusriski (luku 3.2, Peltola & Malin 2016, Tiehallinto 2001). Porrastusväliltään alle 50 m porrastetuissa liittymissä oli paljon miniporrastuksia. Onnettomuusselostuksia tarkasteltaessa miniporrastusten joukossa oli muutama onnettomuus, jossa ajoneuvo oli oikaissut ja tehnyt vinottaisen ylityksen sivuuttamalla kokonaan porrastuksen muodon. Lyhyillä porrastusväleillä tällaiset päätien suorat ylitykset voivat olla ongelma (luku 4.2, luku 6.2).

Kanavoiduissa liittymissä oli suurempi henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemien riski. Tosin kanavointi oli toteutettu vain pienessä määrässä porrastettuja liittymiä, joten tämän suunnitteluratkaisun turvallisuudesta porrastetuissa liittymissä ei voida tehdä johtopäätöstä.

Porrastettu liittymä voidaan kanavoida erottamalla päätien ajosuunnat toisistaan tiemerkinnöillä tai korotetulla liikennesaarekkeella. Lisäksi voidaan tehdä kääntymiskaistat

päätieltä sivutielle kääntyville. (ks. kuva 6, luku 3.3) Kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste ja kuoleman riski oli kanavoimattomia porrastettuja liittymiä suurempi riippumatta porrastustavasta (taulukko 14, luku 7.6). Tuloksen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöstä, jonka mukaan kanavoitu porrastettu liittymä olisi vaarallisempi kuin kanavoimaton porrastettu liittymä. Tulosta selittää kanavoitujen porrastettujen liittymien vähäinen määrä. Lisäksi niiden liikennemäärä oli kolminkertainen kanavoimattomiin liittymiin verrattuna. Todennäköisesti kanavoinnin tarve on tunnistettu suuren liikennemäärän vuoksi, mutta tämä ratkaisu ei ole yksin riittänyt tekemään näistä liittymistä turvallisempia muihin liittymiin verrattuna. Kaikista 185 porrastetusta liittymästä vain 15 %:ssa päätie oli kanavoitu molemmille sivuteille käännäessä.

Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tulisi olla vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännäessä, mutta vasen-oikeaporrastuksissa oikealle kääntymiskaistoille ei näyttäisi niinkään olevan tarvetta. Kääntymiskaistojen käyttöä porrastetuissa liittymissä voi olla perusteltua tarkentaa suunnitteluohjeisiin.

Porrastetuissa liittymissä päätielle voidaan tehdä kääntymiskaistat sivuteille kääntymiseen. Kääntymiskaistat ovat käytännössä oikea-vasenporrastetussa liittymässä vasemmalle kääntymiskaistat ja vasen-oikeaporrastetussa liittymässä oikealle kääntymiskaistat (ks. kuva 8, kuva 9, kuva 10, luku 3.4). Kääntymiskaistallisten porrastettujen liittymien osuus oli pieni. 18 % oikea-vasenporrastuksista oli vasemmalle kääntymiskaista ainakin toiselle sivutielle käännäessä. 16 % vasen-oikeaporrastuksia oli oikealle kääntymiskaista ainakin toiselle sivutielle käännäessä.

Oikea-vasenporrastuksien, joissa oli vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännäessä, onnettomuusasteessa (onn./100 milj.ajon.) ei ollut juuri eroa verrattuna kääntymiskaistattomiin oikea-vasenporrastuksiin (oikea-vasen 8,1 vs. vasen-oikea 8,2) (taulukko 15, luku 7.7). Tulos kertoo kuitenkin kääntymiskaistojen tarpeellisuudesta. Kääntymiskaistoilla on vaikutusta turvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen (luku 3.3, luku 4.2, luku 4.4). Kääntymiskaistallisten oikea-vasenporrastusten onnettomuusasteisiin vaikuttavat liittymien vähäinen määrä ja lähes kolminkertainen liikennemäärä verrattuna kääntymiskaistattomiin oikea-vasenporrastuksiin, mikä voi osaltaan nostaa onnettomuusastetta. Tarpeellisuutta tukee myös onnettomuustyyppien tarkastelussa saatu tulos siitä, että erityisesti oikea-vasenporrastetussa liittymässä tapahtuu eniten vasemmalle kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia (taulukko 12, luku 7.5). Vasemmalle kääntymiskaistojen tarpeellisuus oikea-vasenporrastuksissa tunnistettiin myös sekä suomalaisissa että ulkomaalaisissa asiantuntijavastauksissa (luku 6.2, luku 6.3). Suomalaiset asiantuntijat suosivat porrastustapana oikea-vasenporrastusta, erityisesti mikäli siinä on vasemmalle kääntymiskaistat (luku 6.2). Myös suomalaisissa (Tiehallinto 2001), ruotsalaisissa (Trafikverket 2018) ja tanskalaisissa (Vejregler 2017) suunnitteluohjeissa suositellaan tai on ainakin maininta vasemmalle kääntymiskaistoista oikea-vasenporrastusten yhteydessä (luku 3.4, luku 5.1, luku 5.3).

Vasen-oikeaporrastettujen liittymien riski (onn./100milj.ajon.) sekä henkilövahinko-onnettomuuksien että kuolemien osalta oli selvästi pienempi kääntymiskaistattomissa vasen-oikeaporrastuksissa verrattuna vasen-oikeaporrastuksiin, joissa oikealle kääntymiskaistat ovat molemmille tai toiselle sivutielle käännäessä (6,8 vs. 10,9) (taulukko 16, luku 7.6). Myös kääntymiskaistallisten vasen-oikeaporrastusten onnettomuusasteita tarkasteltaessa on syytä huomioda liittymien vähäinen määrä ja lähes kolminkertainen liikennemäärä verrattuna kääntymiskaistattomiin vasen-oikeaporrastuksiin. Liikennemääräero ei ole kuitenkaan niin suuri kuin vastaava ero oikea-vasenporrastuksissa. Yksin tämän perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä, ettei oikealle kääntymiskaistoille ole tarvetta vasen-oikeaporrastuksissa. Mutta lisäksi kun otetaan huomioon, että oikealle kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia ja peräänajo-onnettomuuksia käännäessä oikealle tapahtui molempia vain yksi, näyttää siltä, ettei oikealle kääntyminen nouse esiin vaarallisenä liikennevirtana (taulukko 12, luku 7.5, Liite F).

Kyselyssä yksi suomalaisista asiantuntijoista oli sitä mieltä, että erillisen oikealle kääntymiskaistan käyttöön porrastetussa liittymässä tulisi antaa ohjeet. Tasoliittymäohjeessa ei ole erillisohjetta kääntymiskaistojen käyttöön porrastetuissa liittymissä. Aihetta on käsitelty yleisesti kaikkien tasoliittymien suunnittelussa. Aihetta sivutaan kuitenkin lyhyesti porrastusvälin pituuden yhteydessä: porrastusvälin tulee olla tarpeeksi pitkä, mikäli liittymään toteutetaan oikealle kääntymiskaista tai varaus sille (luku 3.4, Tiehallinto 2001). Todennäköisesti oikea-vasenporrastuksissa olisi turvallisuuden kannalta suotuisaa toteuttaa enemmän vasemmalle kääntymiskaistoja. Tämä saattaisi vaikuttaa oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusasteisiin, jotka ovat nyt vasen-oikeaporrastettuja liittymiä suurempia. Suurimmassa osassa porrastettuja liittymiä ei ole kääntymiskaistoja, vaikka esimerkiksi asiantuntijat olivat sitä mieltä, että oikea-vasenporrastuksissa tulisi olla vasemmalle kääntymiskaistat (luku 6.2). Suunnitteluohjeissa voi porrastettujen liittymien osalta olla perusteltua tarkentaa kääntymiskaistojen käyttöä. Yleisesti ottaen kääntymiskaistojen osalta porrastetuissa liittymissä näyttää siltä, että oikea-vasenporrastetuissa liittymissä on syytä olla vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännäessä, mutta oikea-vasenporrastuksissa oikealle kääntymiskaistoille ei ole niinkään tarvetta.

Oikea-vasenporrastuksissa väistötila näyttää lisäävän turvallisuutta, mutta sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tulos on päinvastainen. Suunnitteluohjeissa väistötilan käyttöä porrastetuissa liittymissä on syytä tarkentaa erityisesti vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä.

Kolmihaaraliittymään on mahdollista tehdä väistötila, jolloin puhutaan väistötilakana-voinnista (kuva 6, luku 3.3). Väistötilan käyttämisestä ei porrastettujen liittymien suunnitteluohjeissa ole erillistä ohjeistusta. Suomalaisten asiantuntijoiden kyselyvastausten perusteella väistötilan ajatellaan erityisesti oikea-vasenporrastuksessa olevan vaihtoehtoinen vähimmäisratkaisu, mikäli vasemmalle kääntymiskaistoja ei voida esimerkiksi tilan puutteen takia toteuttaa. Porrastustapojen erilaisten muotojen takia väistötilan merkitys korostuu erityisesti oikea-vasenporrastuksessa. Onnettomuusastetta (onn./100

milj.ajon.) tarkasteltaessa oikea-vasenporrastukset, joissa ainakin toisessa liittymähaarassa on väistötila, olivat turvallisempia verrattuna oikea-vasenporrastuksiin, joissa ei ollut väistötiloja (7,0 vs. 9,3) (taulukko 17, luku 7.6). Sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tilanne oli päinvastainen (8,9 vs. 8,0). Vasen-oikeaporrastetut liittymät, joissa ei ollut väistötilaa olivat, turvallisempia onnettomuusasteita tarkastellessa kuin vasen-oikeaporrastukset, joissa oli väistötila ainakin toisessa liittymähaarassa (taulukko 18, luku 7.6).

Oikea-vasenporrastuksesta saatu tulos on linjassa suomalaisten tutkimustulosten kanssa, joiden perusteella ainakin henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski näyttää olevan pienempi väistötilallisissa kuin väistötilattomissa kolmihaaraliittymissä (luku 4.4, Peltola & Mesimäki 2019, Rajamäki 2008). Vasen-oikeaporrastuksesta saatu tulos on linjassa luvussa 5.3 esiin nousseen tanskalaisen käsikirjan suosituksen kanssa, jonka mukaan vasen-oikeaporrastuksissa ei tulisi käyttää väistötilaa. Perusteluna tälle on, ettei väistötilan jälkeiseltä toiselta sivutieltä tuleva tienkäyttäjä välttämättä havaitse päätieltä tulevaa väistötilaa käyttävää ajoneuvoa (Vejregler 2018). Suomalaisen asiantuntijan mukaan väistötiloista porrastetuissa liittymissä oli tullut osin negatiivista palautetta, jossa väistötilaratkaisut koettiin turvattomiksi. Väistötila ei erotu lumen alta, eivätkä pyöräilijät ja mopoilijat tiedä, mihin jäisivät turvallisesti odottamaan vasemmalle kääntyessä. Tästä tutkimuksesta saatu tulos ja tanskalaisen käsikirjan suositus haastavat miettimään väistötilan merkitystä ja tarvetta etenkin vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä. Koska tällä hetkellä porrastettujen liittymien suunnitteluohjeissa ei ole väistötilan osalta erillistä ohjeistusta, on väistötilan käyttöä porrastetuissa liittymissä syytä tarkentaa etenkin vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä.

Puolessa porrastetuista liittymistä ei ollut sivuteillä tulppasaarekkeitä. Tulppasaarekkeen vaikutuksesta turvallisuuteen ei tämän tutkimuksen perusteella voida tehdä johtopäätöksiä, sillä nämä liittymät olivat hyvin vähäliikenteisiä.

Sivutien osalta kanavointi tarkoittaa käytännössä tulppaliittymäratkaisua, jossa sivutien suunnasta tulevassa haarassa tulppasaareke (ks. kuva 6, luku 3.3). Tulosten perusteella onnettomuusaste on pienempi porrastetuissa liittymissä, joissa ei ole sivuteillä tulppasaarekkeitä (taulukko 19, luku 7.6). Tästä ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöstä, että sivuteiden osalta tulppasaarekkeettomat porrastetut liittymät olisivat turvallisempia liittymäratkaisun vuoksi. Tulppasaarekkeettomissa liittymissä keskimääräiset liikennemäärät olivat pieniä, noin viidesosa sellaisten liittymien liikennemäristä, joissa oli tulppasaareke ainakin toisella sivutiellä. Tulppasaarekkeettomissa porrastetuissa liittymissä oli paljon vähäliikenteisiä pieniä maaseututeitä, joilla onnettomuuksille altistuminen on pienempi.

8.3 Suojaamattomat tienkäyttäjät porrastetuissa liittymissä

Tyypillisessä suojaamattomalle tienkäyttäjälle tapahtuneessa onnettomuudessa autoilija ei noudattanut väistämisvelvollisuutta.

Suurin osa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneista 30 henkilövahinko-onnettomuudesta oli mopo- ja polkupyöräonnettomuuksia. Mopo-onnettomuuksia oli noin puolet ja polkupyöräonnettomuuksia 40 % kaikista suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksista. Jalankulkijaonnettomuuksia tapahtui kaksi. Jalankulkijaonnettomuuksien osuus on pienempi kuin liittymäonnettomuuksissa yleensä, mihin todennäköisesti vaikuttavat liittymien sijainti taajaman ulkopuolella ja jalankulkijoiden vähäinen määrä liittymäalueella.

Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksille tyypillistä oli, että onnettomuustilanteissa autoilijat eivät noudattaneet väistämisvelvollisuutta kääntymistilanteissa. Tämä viittaisi siihen, ettei autoilija havainnut suojaamatonta tienkäyttäjää. Tyypillisessä onnettomuustilanteessa polkupyöräilijä tai mopoilija oli ohittamassa päätien suuntaisesti sivutietä, jolloin sivutieltä päätielle tai päätieltä sivutielle kääntyvä ajoneuvo törmäsi suojaamattomaan tienkäyttäjään. Tällaisia onnettomuuksia tapahtui siitä huolimatta, vaikka suojaamattomille tienkäyttäjille oli ollut hyvät järjestelyt, jolloin pyöräilijä tai mopoilija ajoi mopoilijoille sallitulla pyörätiellä. Muutamissa onnettomuuksissa autoilija törmäsi suojaamattomaan tienkäyttäjään, kun suojaamaton tienkäyttäjä oli ylittämässä päätietä sattumanvaraisesta kohdasta. Näissä tapauksissa päätien ylittämiseen tai alittamiseen ei ollut toteutettu järjestelyitä.

80 prosentissa porrastettuja liittymiä ei ollut toteutettu suojaamattomille tienkäyttäjille järjestelyitä päätien risteämiseen. Suunnitteluohjeita voi olla syytä tarkentaa suojaamattomat tienkäyttäjät huomioivien suunnitteluratkaisujen osalta.

Suomalaiset asiantuntijat pitävät suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimista ja näiden huomioimiseksi tehtäviä ratkaisuja tärkeinä. Kaikki asiantuntijat olivat yhtä mieltä, että suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden kannalta porrastettuun liittymään tulee tehdä alikulku (luku 6.2). Silti suurimmassa osassa (80 %) porrastettuja liittymiä ei ollut toteutettu suojaamattomille tienkäyttäjille mitään järjestelyitä päätien ylittämiseen tai alittamiseen. Toisaalta liittymät sijaitsevat taajaman ulkopuolella, jossa suojaamattomien tienkäyttäjien määrät ovat pieniä. Porrastetuissa liittymissä käytetyt vaihtoehdot suojaamattomille tienkäyttäjille päätien risteämiseen olivat alikulku, keskisaareke sekä suojatie tai pyörätien jatke ilman saareketta (ks. kuva 31, kuva 32, kuva 33, luku 7.7.4) Suurimmassa osassa liittymistä, joissa oli jokin järjestely päätien ylittämiseen tai alittamiseen, oli suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettu yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä, jossa pyörätiellä oli usein sallittu myös mopoilu. Vaikka päätien risteämiseen oli toteutettu vain

vähän ratkaisuja suojaamattomille tienkäyttäjille, yleisesti ottaen suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet eivät liittyneet järjestelyiden puutteeseen, vaan enemmänkin autoilijan huolimattomuuteen.

Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksien määrä on yhdeksän vuoden tarkastelujaksolle suhteutettuna pieni (taulukko 20, luku 7.7), joten objektiivista eli onnettomuustilastoista tarkasteltavaa turvallisuutta tarkastellen tilanne ei suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden osalta vaikuta hälyttävälle. Objektiivinen ja subjektiivinen turvallisuus eivät kuitenkaan aina kohtaa (taulukko 2, luku 4.1). Vaikka objektiivinen turvallisuus olisi hyvällä tasolla, on porrastettujen liittymien onnettomuuksien tarkastelun jälkeen selvää, että suojaamattomat tienkäyttäjät voivat aiheellisesti kokea porrastetuissa liittymissä turvattomuutta tietyissä tilanteissa.

Onnettomuudet liittyivät suurimmaksi osaksi kääntymistilanteeseen, jossa autoilija ei noudattanut väistämisvelvollisuutta. Tavallisesti autoilija ei näissä tilanteissa havainnut suojaamatonta tienkäyttäjää. Lisäksi porrastetuissa liittymissä tapahtui paljon suistumis-onnettomuuksia, jotka johtuivat ajoneuvojen liian suurista tilannenopeuksista. Onkin todennäköistä, että autoilijoiden suuret nopeudet ja havainnoinnin puute aiheuttavat turvattomuutta suojaamattomille tienkäyttäjille, mikäli syntyy tällaisia vaaratilanteita tai mahdollisuuksia vaaratilanteille. Kuten luvussa 4.4 todettiin, on ajoneuvojen ylinopeuksien tunnistettu aiheuttavan turvattomuutta erityisesti suojaamattomille tienkäyttäjille (Klang et al. 2015, luku 4.4). Lisäksi asiantuntijakyselyissä esille tuotujen tienkäyttäjäpalautteiden mukaan suojaamattomat tienkäyttäjät eivät aina tiedä paikkaansa liittymässä ja liittymäalue voidaan kokea hankalaksi ylittää sen laajuuden vuoksi (luku 6.2). Muutama onnettomuus liittyi tällaiseen tilanteeseen, jossa liittymä ylitettiin sattumanvaraisesta kohdasta, koska ylitykseen ei ollut toteutettu järjestelyitä eikä ylityspaikkaa ollut osoitettu (luku 7.7.1, luku 7.7.2).

Suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyitä porrastetuissa liittymissä ei ole erikseen käsitelty suomalaisissa suunnitteluohjeissa lukuun ottamatta mainintaa alikulusta (Liikennevirasto 2014, luku 4.4, Tiehallinto 2001). Suunnitteluohjeita voisikin olla syytä päivittää suojaamattomille tienkäyttäjille tehtävien suunnitteluratkaisujen osalta, milloin porrastetussa liittymässä tulisi olla esimerkiksi alikulku ja milloin järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille voi jättää toteuttamatta kokonaan. Tämä on perusteltua tehdä, koska suurimmassa osassa liittymiä ei ollut toteutettu mitään järjestelyitä suojaamattomille tienkäyttäjille ja tyypillisten onnettomuuksien perusteella porrastetuissa liittymissä on suojaamattomille tienkäyttäjille turvattomuutta aiheuttavia tilanteita. Mikäli porrastetussa liittymässä ei ole alikulkuja tai järjestelyä ylittää päätie, voi olla tarpeellista osoittaa esimerkiksi pientareelle selkeä kohta, jossa on mahdollista saada katsekontakti autoilijan ja suojaamattoman tienkäyttäjän välille. Tällöin vältettäisiin vaaralliset päätien ylitykset sattumanvaraisista kohdista. Myös asiantuntijavastauksissa toivottiin ohjeistusta suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimiseen ja risteävien suojaamattomien tienkäyttäjien aseman korostamiseen porrastetuissa liittymissä.

8.4 Ehdotuksia porrastettujen liittymien turvallisuuden parantamiseksi

Seuraavaan on koottu ehdotuksia porrastettujen liittymien turvallisuuden parantamiseksi. Ehdotukset ovat pääasiassa liikenneympäristöön liittyviä toimenpiteitä. Porrastettujen liittymien turvallisuutta voidaan parantaa myös monilla muilla kuin liikenneympäristöön liittyvillä toimenpiteillä. Osa onnettomuuksista saattaisi olla tehokkaammin estettävissä luvussa 4.1 esitellyn Haddonin matriisin inhimillisiin tai teknisiin tekijöihin liittyvillä toimenpiteillä kuin esimerkiksi joillakin tietyillä porrastetun liittymän suunnitteluratkaisuilla. (Taulukko 2, Luku 4.1) Esimerkiksi ajoneuvojen liian suuret nopeudet porrastetuissa liittymissä voivat liittyä tienkäyttäjän omiin asenteisiin ja tahalliseen riskinottoon. Tällöin, vaikka liikenneympäristö olisi kuinka hyvin suunniteltu, voi onnettomuuksia silti tapahtua. Liikenneympäristön ratkaisuilla voidaan kuitenkin kannustaa ja ohjata tienkäyttäjiä vastuulliseen ja turvalliseen liikkumiseen (Heltimo & Korhonen 2016, luku 4.4).

Tilanteeseen sopivan porrastustavan valinta

Porrastettuja liittymiä toteutettaessa on ensinnäkin otettava huomioon porrastustavan valinta: oikea-vasenporrastus vai vasen-oikeaporrastus. Tasoliittymäohjeessa suositellaan käyttäväksi vasen-oikeaporrastusta maaseudulla, koska tällöin vältetään maaseutuolosuhteissa kaikkein vaarallisinta päätieltä vasemmalle kääntymistä. Taajamaolosuhteissa puolestaan oikea-vasenporrastuksen arvioidaan olevan parempi porrastustapa, koska tällöin vähennetään taajamaolosuhteissa kaikkein vaarallisinta sivutieltä vasemmalle kääntymistä. (Tiehallinto 2001, luku 3.4) Koska lähes kaikki tässä tutkimuksessa tarkastellut maanteiden keskinäiset porrastetut liittymät sijaitsivat taajaman ulkopuolella ja vasen-oikeaporrastuksissa onnettomuusaste oli oikea-vasenporrastuksia pienempi, on tasoliittymäohjeen suositus tämän tutkimuksen tulosten perusteella tarkoituksenmukainen.

Vaikka porrastustavan valinnasta on tasoliittymäohjeessa suositus, ei valinta ole aina niin yksiselitteinen. Porrastustavan lopulliseen valintaan vaikuttavat liikenneturvallisuuden lisäksi muun muassa paikalliset olosuhteet, liikennemäärät, kapasiteetti ja olemassa olevan nelihaaraliittymän olosuhteet kuten sijainti ja sivuteiden liittymiskulmat (Vejregler 2017, Vejregler 2018, Tiehallinto 2001). Oikea-vasenporrastetulla liittymällä on tunnistettu olevan suurempi kapasiteetti, mikä tukee porrastustavan sopivuutta taajamiin, joissa on suuret liikennemäärät. (Luku 3.4, Luku 4.1, Luku 5.1) Välttämättä valintaan ei voi aina tehdä halutulla tavalla, sillä esimerkiksi jokin luonnon este ja käytettävissä oleva tila voivat määrätä porrastustavan valinnan (luku 6.2).

Turvallisuutta edistävät suunnitteluratkaisut

Porrastettu liittymä tulee suunnitella niin, että tienkäyttäjät tietävät, miten liittymässä tulee liikkua. Suunnitteluratkaisujen on oltava loogisia, itseohjaavia ja sääntöjen noudatta-

mista tukevia. Hyvin toteutetut ja liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut parhaimmillaan ohjaavat tienkäyttäjää turvalliseen liikkumiseen, parantavat turvallisuutta ja pienentävät onnettomuuksien vakavuutta. Turvallisuutta edistävillä suunnitteluratkaisulla vaikutetaan myös tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen. (Luku 4.4, Heltimo & Korhonen 2016, Supreme 2007)

Porrastusvälin riittävällä pituudella estetään liittymätoimintojen, kuten kääntymisten, sotkeutuminen liittymätoimintojen jakaantuessa ikään kuin kahteen kolmihaaraliittymään. Tällöin ruuhka liittymän keskialueella vähenee, ajotoiminnot selkeytyvät ja konfliktipisteet jakautuvat laajemmalle, mikä parantaa liittymän sujuvuutta ja turvallisuutta. Lisäksi estetään vaaralliset vinottaiset päätien ylitykset. Tarpeeksi pitkällä porrastusvälillä varmistetaan myös tila päätien kanavoinnille ja kääntymiskaistoille. (luku 3,4, luku 4.2, luku 4.4, luku 5.3)

Asiantuntijoiden kyselyvastausten mukaan päätie tulee kanavoida ja tehdä vasemmalle kääntymiskaistat oikea-vasenporrastetussa liittymässä (luku 6.2). Erotettaessa päätien ajosuunnat toisistaan kanavoinnilla voidaan lisätä porrastetun liittymän havaittavuutta ja selkeyttää ajolinjoja. Kääntymiskaistoilla voidaan sujuvoittaa päätien liikennettä ja pienentää peräänajoriskiä. Vaikka oikea-vasenporrastuksissa on tämän tutkimuksen perusteella suurempi henkilövahinko-onnettomuuksien riski kuin vasen-oikeaporrastuksissa, on mahdollista, että riski olisi pienempi, mikäli suuremmassa osassa liittymiä olisi ollut vasemmalle kääntymiskaistat. Kääntymiskaistoin varustettu porrastettu liittymä on turvallisempi kuin edullisempi väistötilaratkaisu. Asiantuntijat pitävätkin väistötilaa vähimmäisratkaisuna, mikäli vasemmalle kääntymiskaistoille ei ole tilaa (luku 6.2). Tutkimustulosten perusteella väistötila sopii nimenomaan enemmän oikea-vasenporrastuksiin, mutta sen käyttöä on syytä tarkentaa ohjeistuksissa. Sivutien tulppasaareke voi edistää tienkäyttäjän turvallisuutta liittymässä, sillä se pakottaa sivutien ajajat hidastamaan ja tätä kautta myös reagoimaan herkemmin ympäristöön. (luku 4.4, luku 6.2, luku 8.2)

Suojaamattomille tienkäyttäjille toteutetuilla ratkaisuilla edistetään jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden turvallisuutta. Vaikka eri liikennemuodot mahtuisivatkin fyysisesti samaan tilaan, saattavat tiellä liikkuvat tienkäyttäjät kokea liikkumisen turvatomaksi ja epämiellyttäväksi (Liikennevirasto 2014, luku 4.4). Tehokas keino parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta ja turvallisuuden kokemista on rakentaa liittymään alikulku. Mikäli alikulkua ei voida kustannusten tai muiden syiden takia rakentaa, voidaan esimerkiksi alentaa ajoneuvojen nopeuksia. Lisäksi voi olla hyvä selkeyttää liittymän ylityskohtaa, jotta vältetään sattumanvaraisia ja vaarallisia tienylityksiä. Alhaisilla nopeuksilla on mahdollista toteuttaa myös korotettu suojatiesaareke, jolloin suojaamaton tienkäyttäjä voi ylittää tien kahdessa vaiheessa.

Yhtenäiset suunnitteluratkaisut

Tällä hetkellä porrastetuissa liittymissä on paljon erilaisia järjestelyitä ja suunnitteluratkaisuja. Esimerkiksi puolesta porrastetuista liittymistä puuttui tulppasaarekkeet sivuteiltä ja vain pienessä osassa liittymiä oli kääntymiskaistat. Pääteiden suuntien erottelu toisistaan oli toteutettu vain pienessä osassa kaikkia porrastettuja liittymiä ja osassa näistä vain toiselle sivutielle käännytessä. Suunnitteluohjeissa on kerrottu porrastettuihin liittymiin liittyen ohjeistuksia yleisellä tasolla. On esitelty esimerkiksi porrastusvälien mitoituksia ja kerrottu, että oikea-vasenporrastuksissa vasemmalle kääntymiskaistat voivat sijaita rinnakkain tai peräkkäin.

Yksi keino parantaa porrastettujen liittymien turvallisuutta ja tienkäyttäjien valmiutta toimia liittymässä oikein on käyttää porrastetuissa liittymissä yhtenäisiä suunnitteluratkaisuja. Esimerkiksi niin, että tietyissä olosuhteissa oikea-vasenporrastetuissa liittymissä olisi aina vasemmalle kääntymiskaistat tai vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä alikulku. Yhtenäiset ratkaisut samantyyppisissä tie- ja liikenneolosuhteissa parantavat tienkäyttäjien edellytyksiä liikenteen ymmärtämiseen ja oikeaan toimintaan. (luku 4.4) Yhtenäiset toimintaperiaatteet helpottavat myös toimenpiteiden suunnittelua ja toteuttamista (Helimo & Korhonen 2016).

Selkeä väistämiselvollisuus, nopeuden kontrollointi ja näkyvyyden parantaminen

Tarkastelujen perusteella onnettomuudet eivät välttämättä riippuneet niinkään erilaisista suunnitteluratkaisuista tai niiden puuttumisesta, vaan enemmänkin väistämiselvollisuuden noudattamatta jättämisestä, liian suurista tilannenopeuksista ja siitä, ettei havainnoitu kunnolla muuta liikennettä. Väistämiselvollisuus tulee esittää liittymässä selkeästi. Porrastetun liittymän muoto itsessään auttaa hahmottamaan päätien ja sivutiet nelihaaraliittymää paremmin, mutta väistämiselvollisuutta tulee tukea myös muilla keinoilla kuin pelkillä väistämiselvollisuusmerkeillä. (luku 4.1, luku 4.4). Sivuteillä voidaan käyttää myös ennakkomerkkejä. Väistämiselvollisuuden noudattamatta jättäminen kääntymistilanteissa johtui erityisesti siitä, ettei autoilija havainnut suoraan liikkuvaa tienkäyttäjää tai arvioi oman tai toisen tienkäyttäjän etäisyyden väärin. Peräänajo-onnettomuuksien taustalla oli liian suuri tilannenopeus tai ei havaittu edessä olevaa tienkäyttäjää tarpeeksi ajoissa. Myös suistumisonnettomuudet liittyivät liian suuriin tilannenopeuksiin, kun nopeutta ei ollut sopeutettu kunnolla liikenneympäristöön sopivaksi. Ajonopeus vaikuttaa kuljettajan mahdollisuuksiin välttää vaaratilanteet ja selvittää niistä (Klang et al. 2015).

Edellisten perusteella porrastetuissa liittymissä on syytä kiinnittää huomiota liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeuksien kontrolloimiseen. Lisäksi, koska ainakin osa onnettomuuksista liittyi siihen, ettei autoilija havainnut toista tienkäyttäjää, tulee porrastetussa liittymässä varmistaa riittävät näkemät. Nopeusrajoitukset tulee osoittaa selkeästi ja ne tulee arvioida kuhunkin ympäristöön sopivaksi. Liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeutta voidaan kontrolloida nopeusrajoituksilla ja hidasteilla. (luku 4.4) Osittain myös

porrastetun muoto itsessään voi hidastaa ajoneuvojen nopeuksia (luku 4.2). Ajoneuvojen nopeuksia alentamalla voidaan välttää onnettomuuksia ja pienentää onnettomuuksien seurauksia. Lisäksi voidaan parantaa erityisesti suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta. Mikäli onnettomuus kuitenkin tapahtuu, voidaan tien reunaympäristön pehmentämisellä, esimerkiksi puuston ja muiden tienreunaesteiden poistamisella, vähentää tieltä suistumisten seurauksia (ELY 2011, luku 4.4, Supreme 2007).

Tievalaistuksella voidaan edistää näkyvyyttä liittymässä erityisesti pimeään aikaan ja huonolla säällä. Tievalaistuksella edistetään myös tienkäyttäjien havaittavuutta, jolloin tienkäyttäjien kyky nähdä toisensa paranee. Tämä edesauttaa tienkäyttäjiä reagoimaan nopeammin ja tarkemmin toisiinsa pimeällä ja huonolla säällä. (luku 4.4) Joissain tapauksissa kasvillisuuden oli kirjattu haitanneen näkyvyyttä. Kunnossapitotoimilla, kuten kasvillisuuden poistamisella, voidaan varmistaa riittävien näkemien toteutuminen eri vuodenaikoina (luku 4.4 Mäkinen 2013).

Objektiivisen ja subjektiivisen turvallisuuden seuraaminen

Porrastetun liittymän turvallisuutta tulee tarkastella kokonaisvaltaisesti. Huomioon tulee ottaa sekä objektiivinen eli todellinen turvallisuus että subjektiivinen eli koettu turvallisuus. Todellisesta turvallisuudesta saadaan tietoa onnettomuustilastoista tarkastelemalla liittymissä tapahtuvien onnettomuuksien määriä ja tyyppejä. Näin voidaan seurata, edistääkö porrastettu liittymä turvallisuutta ja onko esimerkiksi suunnitteluratkaisuissa puutteita. Tarvittaessa voidaan tehdä turvallisuutta edistäviä toimenpiteitä tai miettiä liittymäratkaisun riittävyyttä. Porrastettu liittymä ei ole aina riittävä tai sopiva ratkaisu neliaxaliittymän turvallisuuden parantamiseen. Mikäli sivutien liikennemäärät ovat korkeat ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä, voi liittymä olla parempi jättää neliaxaliittymäksi (luku 4.1). Myös mikäli sivutiet ovat kovin vähäliikenteisiä, ei porrastus ole todennäköisesti kustannustehokasta. Toisinaan parempi vaihtoehto voi olla toteuttaa tehokkaampi ratkaisu kuten kiertoliittymä tai eritasoliittymä. Tällaiset tehokkaammat ratkaisut ovat usein kalliimpia ja hankalampia toteuttaa, minkä takia päädytään porrastettuun liittymään. Toisaalta on myös kallista toteuttaa ensin porrastettu liittymä ja huomata myöhemmin ratkaisun riittämättömyys. (luku 7.1)

Onnettomuustilastojen perusteella ei saada tietoa tienkäyttäjien subjektiivisesta turvallisuudesta. Vaikka porrastettu liittymä olisi onnettomuustilastojen perusteella turvallinen, voivat tienkäyttäjät silti kokea liittymän turvattomaksi. Subjektiivista turvallisuutta on mahdollista mitata tienkäyttäjäpalautteiden kautta. Palautteiden kautta saadaan tietoa, onko porrastettu liittymä tienkäyttäjien mielestä turvallinen vai nouseeko esiin turvallisuuden kokemista heikentäviä asioita. Kävelijät ja pyöräilijät voivat esimerkiksi kokea turvattomuutta liittymän ylitykseen tai ajoneuvojen nopeuksiin liittyen. Tällöin voidaan miettiä, tulisiko porrastettuun liittymään toteuttaa alikulku tai tulisiko ajoneuvojen nopeuksia arvioida uudelleen. Vaikka onnettomuustilastojen perusteella liittymä näyttäytyisi turvallisena, on hyvin tärkeää, että tienkäyttäjät myös kokevat liittymän turvallisena.

Ei ole tarkoituksenmukaista, että esimerkiksi työ- tai koulumatka koetaan pelottavana. Vaikka subjektiivisesta turvallisuudesta saadaan parhaiten tietoa tienkäyttäjäpalautteiden kautta, on myös asiantuntijoiden keskinäinen tiedonjako subjektiiviseen turvallisuuteen liittyen tärkeää. Asiantuntijoiden havaintojen kautta voidaan tunnistaa ongelmakohtia laajemminkin eri suunnittelualueilla.

Liikenteen turvallisuuden parantaminen on jatkuvaa ja pitkäjänteistä työtä (luku 4.1). On tärkeää seurata porrastettujen liittymien turvallisuutta ja turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotta voidaan jatkossa toteuttaa parhaiten kulloiseenkin tilanteeseen sopivia ratkaisuja. Tässä on mahdollista toteuttaa esimerkiksi Candappa et al. (2007) ehdottamaa porrastamisen jälkeen toteutettavaa järjestelmällistä tietyin ajanjaksoin tapahtuvaa turvallisuustason seurantaa, jotta nähdään turvallisuustoimenpiteen vaikutukset ja mahdollinen turvallisuuden heikkeneminen varhaisessa vaiheessa (luku 4.2).

8.5 Vertailu aiempiin suomalaisiin tutkimuksiin

Suomessa maanteiden porrastettujen liittymien turvallisuutta ovat tutkineet aiemmin Kulmala (1995) väitöskirjassaan ja myöhemmin Peltola ja Malin (2016) Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksessa. Kulmala (1995) väitöskirjatutkimuksessa porrastettuja liittymiä verrattiin vastaaviin nelihaaraliittymiin tarkastellen sivutien liikenteen osuuden vaikutusta porrastuksen hyödyllisyyteen. Tässä tutkimuksessa tuloksia ei vertailtu porrastettuja liittymiä vastaaviin nelihaaraliittymiin, joten tutkimustuloksia ei voida verrata keskenään. Sen sijaan tässä ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa tarkasteltiin osin samoja asioita, joita voidaan vertailla keskenään. Molemmissa tutkimuksissa tarkasteltiin porrastustavan, sivuteiden liikennemääräosuuden, päätien nopeusrajoituksen ja porrastusvälin vaikutusta onnettomuuksien määrään ja onnettomuusasteisiin henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemien osalta. Tämän tutkimuksen ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimustulosten vertailu on esitetty taulukossa 21.

Kaikkien porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste oli tässä tutkimuksessa 8,4 ja kuoleman riski 0,50. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa vastaavat luvut olivat lähes samat: kaikkien henkilövahinko-onnettomuuksien osalta 8,6 ja kuolemien riskin osalta 0,55. Porrastustavan vaikutuksesta onnettomuusasteisiin saatiin yhtenevät tulokset: Vasen-oikeaporrastuksissa henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli pienempi kuin oikea-vasenporrastuksissa. Kuoleman riskin osalta tilanne oli päinvastainen. Myös tarkasteltaessa sivutien liikenteen osuutta liittymään saapuvista ajoneuvoista saatiin molemmissa tutkimuksissa yhtenevä tulos: henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ovat sitä suurempia, mitä suurempi on liittymään sivuteiltä saapuvien ajoneuvojen osuus. Kuoleman riskin osalta tulos oli vastaava.

Päätien nopeusrajoituksen osalta tulokset erosivat henkilövahinko-onnettomuuksien riskien osalta hieman toisistaan. Tässä tutkimuksessa henkilövahinko-onnettomuuksien

riski oli hieman korkeampi nopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h verrattuna enintään 60 km/h nopeuksiin. Peltolan ja Malinin (2016) tilanne on päinvastainen. Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet olivat molemmissa tutkimuksissa kuitenkin samat 8,5 nopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h, joten tulokset ovat hyvinkin yhtenevä. Lisäksi kuoleman riskit olivat molemmissa tutkimuksissa koholla nopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h verrattuna enintään 60 km/h nopeuksiin. Myös porrastusväliä tarkasteltaessa tutkimusten tulokset olivat hyvin linjassa toistensa kanssa. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit olivat suurimpia pisimmissä porrastuksissa muihin porrastusväleihin verrattuna. Myös kaikista pienimpien porrastusvälien (< 50 m) riskit olivat koholla.

Taulukko 21. Tämän tutkimuksen porrastettujen liittymien onnettomuusasteiden vertailu Peltolan & Malinin (2016) tutkimustuloksiin.

Tarkastelutaso		Peltolan ja Malinin tutkimus (vuodet 2011-2015)		Tämä tutkimus (vuodet 2009-2017)	
		Hvjo ³	Kuolema ⁴	Hvjo ³	Kuolema ⁴
Porrastustapa	Oikea-vasen	10,3	0,35	8,6	0,12
	Vasen-oikea	7,3	0,73	8,2	0,91
Sivutien liikenteen osuus¹	< 5 %	5,3	0,00	4,8	0,37
	5–15 %	8,4	0,61	8,4	0,47
	> 15 %	10	0,69	9,8	0,59
Päätien nopeusrajoitus	≤ 60 km/h	8,8	0,61	8,1	0,54
	≥ 70 km/h	8,5	0,52	8,5	0,49
Porrastusväli	< 50 m	9,1	0,00	12,1	0,00
	50–150 m	6,9	1,33	7,0	1,30
	151–350 m	9,0	0,16	8,1	0,12
	> 350 m	10,7	0,56	9,8	0,70
Yhteensä²		8,6	0,55	8,4	0,50

¹Sivutien osuus liittymään keskimäärin vuorokaudessa saapuvista ajoneuvoista

²Tutkimuksissa tarkasteltujen kaikkien porrastettujen liittymien onnettomuusasteet

³Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet, yksikkö onn./100 milj.ajon.

⁴Kuolemien riskit, yksikkö onn./100 milj.ajon.

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta saatiin tämän tutkimuksen lähtöaineistoksi 95 oikea-vasenporrastettua ja 117 vasen-oikeaporrastettua maanteiden liittymää, joista tähän tutkimukseen otettiin 85 oikea-vasenporrastettua ja 101 vasen-oikeaporrastettua liittymää. Lisäksi henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuustiedot oli kerätty osin samoilta vuosilta: Peltola ja Malin (2016) vuosilta 2011–2015 ja tässä tutkimuksessa vuosilta 2009–2017. Tämän vuoksi olikin ilmeistä, että saadut onnettomuusasteet olivat yhteneviä. Erot erityisesti tarkemmilla tarkastelutasoilla esimerkiksi porrastusväliä tarkasteltaessa johtuivat onnettomuuksien pienistä määristä, jolloin myös satunnaisuuden vaikutus korostuu. Kuolemien määrät molemmissa tutkimuksissa olivat niin pienet, ettei niiden määrästä ja vertailusta voida tehdä juurikaan johtopäätöksiä. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa kuolemantapauksia oli 7 ja tässä tutkimuksessa 8. Lisäksi eroa tuloksiin aiheuttivat osin eri tarkasteluvuodet ja ero tarkasteltavien liittymien määrässä.

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa maanteiden nelihaaraliittymien onnettomuusasteiksi tarkastelujaksolla 2011–2015 saatiin henkilövahinko-onnettomuuksien osalta 8,6 ja kuolemien osalta 0,67. Tässä tutkimuksessa saatujen kaikkien porrastettujen liittymien onnettomuusasteet olivat hieman pienemmät vastaavien lukujen ollessa henkilövahinko-onnettomuuksien osalta 8,4 ja kuolemien osalta 0,50. Vaikka luvussa 4.2 esitettyjen tutkimustulosten mukaan porrastettujen liittymien onnettomuusasteiden on tunnistettu yleisesti olevan nelihaaraliittymien onnettomuusasteita pienemmät, ei tässä tutkimuksessa eikä Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa saadut onnettomuusasteet ole juurikaan nelihaaraliittymien onnettomuusasteita pienemmät. Ensinnäkin tämä selittyy paljolti sillä, että porrastukset tehdään tavallisesti jo valmiiksi vaarallisiin kohtiin, ei niinkään sujuvoittamaan päätien liikennettä (luku 7.1). Toisekseen kahdesta kolmihaaraliittymästä muodostetussa porrastetussa liittymässä onnettomuuksia kertyy pidemmältä matkalta kuin nelihaaraliittymässä. Mikäli porrastettujen liittymien ja nelihaaraliittymien onnettomuusasteita haluaisi vertailla luotettavasti, tulisi tehdä ennen-jälkeen-tutkimus, jossa tutkittaisiin tietyltä ajanjaksolta liittymän onnettomuusasteita ennen ja jälkeen liittymän porrastamisen.

9. PÄÄTELMÄT

9.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Seuraavassa on vastattu työn alussa luvussa 1.2 esitettyihin alatutkimuskysymyksiin, joiden pohjalta on lopuksi kiteytetty vastaus tutkimuksen päätutkimuskysymykseen: millainen on turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä.

1.1. Kuinka paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu?

Tutkimusaineiston 185 maanteiden porrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan. 84 oikea-vasenporrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 70 henkilövahinko-onnettomuutta ja 101 vasen-oikeaporrastetussa liittymässä 63 henkilövahinko-onnettomuutta. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli suurempi kuin vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä. Riskit olivat sitä suurempia mitä suurempi oli liittymään sivutieltä saapuvien ajoneuvojen osuus. Henkilövahinko-onnettomuuksista 23 % tapahtui suojaamattomille tienkäyttäjille eli jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille.

Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuudet liittyivät pääasiassa kääntymiseen (36 %) tieltä suistumiseen (29 %) ja peräänajoon (20 %). Suurin osa porrastettujen liittymien kääntymisonnettomuuksista liittyi vasemmalle kääntymiseen erityisesti oikea-vasenporrastetuissa liittymissä. Tyypillisessä kääntymisonnettomuudessa autoilija ei huomannut suoraan liikkuvaan tienkäyttäjää ajoissa. Peräänajo-onnettomuudet olivat tyypillisesti tilanteita, joissa takaa tuleva ajoneuvo törmäsi edellä olevaan ajoneuvoon, joka oli joko jarruttamassa, pysähtynyt tai kääntymässä vasemmalle. Peräänajojen taustalla oli tavallisesti liian suuri tilannenopeus tai ei reagoitu ajoissa edellä ajavan ajoneuvon liikkeisiin. Tavallisin suistumisonnettomuus tapahtui ajoneuvon suistuessa tieltä liittymässä, kun nopeutta ei ollut sopeutettu kunnolla liikenneympäristöön sopivaksi.

1.2. Miten suunnitteluratkaisut vaikuttavat porrastuksen turvallisuuteen?

Tässä tutkimuksessa tarkastellut suunnitteluratkaisut olivat porrastusvälin pituus, kanavointi, kääntymiskaistat, väistötila ja sivutien tulppasaareke. Tulosten perusteella porrastusväli 50–350 m oli porrastusväleistä turvallisim. Tätä suuremmilla väleillä onnettomuudet kertyvät pidemmältä tiejaksolta ja lyhemmillä väleillä liittymätoiminnot voivat sotkeutua aiheuttaen epäselvyyttä ajokäyttäytymisessä. Porrastettu liittymä voidaan kanavoida erottamalla päätien ajosuunnat toisistaan tiemerkinnoilla tai korotetulla liikennesaarekkeella. Lisäksi voidaan tehdä kääntymiskaistat päätieltä sivutielle kääntyville. Kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä oli suurempi henkilövahinko-onnettomuuksien ja

kuolemien riski kuin kanavoimattomissa. Mutta koska kanavointi oli toteutettu vain pienessä määrässä porrastettuja liittymiä, ei tämän suunnitteluratkaisun turvallisuudesta porrastetuissa liittymissä voida tehdä johtopäätöstä. Tulosta selittävät kanavoitujen porrastettujen liittymien vähäinen määrä ja suuret liikennemäärät.

Tulosten perusteella oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tulisi olla vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännäyttäessä, mutta vasen-oikeaporrastuksissa oikealle kääntymiskaistoille ei näyttäisi niinkään olevan tarvetta. Oikea-vasenporrastuksien kääntymisonnettomuuksista suurin osa liittyi vasemmalle kääntymiseen. Vasen-oikeaporrastuksissa oikealle kääntymisen ei noussut esiin vaarallisena liikennevirtana. Kääntymiskaistojen käyttöä porrastetuissa liittymissä voi olla perusteltua tarkentaa suunnitteluohjeisiin. Asiantuntijoiden mukaan väistötilaa voidaan käyttää vähimmäisratkaisuna, mikäli vasemmalle kääntymiskaistoja ei voida toteuttaa esimerkiksi tilan puutteen vuoksi. Oikea-vasenporrastuksissa väistötila näytti lisäävän turvallisuutta, mutta sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tulos oli päinvastainen. Tanskalaisen suosituksen mukaan vasen-oikeaporrastuksissa ei tulisi käyttää väistötilaa. Suunnitteluohjeissa väistötilan käyttöä porrastetuissa liittymissä on syytä tarkentaa erityisesti vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä.

Sivuteiden osalta kanavointi tarkoittaa käytännössä tulppasaarekkeitä. Puolessa porrastetuista liittymistä ei ollut sivuteillä tulppasaarekkeitä. Tulppasaarekkeen vaikutuksesta turvallisuuteen ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä, sillä nämä liittymät olivat hyvin vähäliikenteisiä. Tulppasaarekkeettomissa porrastetuissa liittymissä oli paljon vähäliikenteisiä pieniä maaseututeitä, joilla onnettomuuksille altistuminen on pienempi verrattuna liittymiin, joissa oli tulppasaarekkeet sivuteillä.

1.3. Millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille ja miten nämä tienkäyttäjät huomioidaan suunnitteluratkaisuissa?

Suurin osa suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksista oli mopo- ja polkupyöräonnettomuuksia. Mopo-onnettomuuksia oli noin puolet ja polkupyöräonnettomuuksia 40 % kaikista 30 suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksista. Jalankulkijaonnettomuuksia tapahtui kaksi. Suurimmassa osassa (80 %) porrastettuja liittymiä ei ollut toteutettu suojaamattomille tienkäyttäjille mitään järjestelyitä päätien ylittämiseen tai alittamiseen. Porrastetuissa liittymissä käytetyt vaihtoehdot suojaamattomille tienkäyttäjille päätien risteämiseen olivat alikulku, keskisaareke ja suojatie tai pyörätien jatke ilman saarekettä. Mikäli liittymässä oli jokin edellisistä ratkaisuista, oli tavallisesti myös eroteltu autoliikenne ja suojaamattomat tienkäyttäjät toisistaan. Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet kuitenkin eivät liittyneet niinkään suunnitteluratkaisujen puutteeseen, vaan kääntymistilanteeseen, jossa autoilija ei havainnut suojaamatonta tienkäyttäjää. Tyypillisessä onnettomuustilanteessa polkupyöräilijä tai mopoilija oli ohittamassa päätien suuntaisesti sivutietä, jolloin sivutieltä päätielle tai päätieltä sivutielle kääntyvä ajoneuvo törmäsi suojaamattomaan tienkäyttäjään.

Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksien määrä on yhdeksän vuoden tarkastelujaksolle suhteutettuna pieni. Suojaamattomat tienkäyttäjät voivat kuitenkin kokea porrastetuissa liittymissä turvattomuutta. Onnettomuustarkastelujen perusteella autoilijoiden suuret nopeudet ja havainnoinnin puute voivat aiheuttaa turvattomuutta suojaamattomille tienkäyttäjille. Lisäksi asiantuntijakyselyissä esille tuotujen tienkäyttäjäpalautteiden mukaan suojaamattomat tienkäyttäjät eivät aina tiedä paikkaansa liittymässä ja liittymäalue voidaan kokea hankalaksi ylittää sen laajuuden vuoksi. Muutama onnettomuus liittyi tällaiseen tilanteeseen, jossa liittymä ylitettiin sattumanvaraisesta kohtaa, koska ylitykseen ei ollut toteutettu järjestelyitä eikä ylityspaikkaa ollut osoitettu.

1.4.Miten porrastettujen liittymien turvallisuutta voidaan edistää?

Nelihaaraliittymän porrastamista harkitessa tulee ensinnäkin arvioida kriittisesti, onko porrastettu liittymä kohteeseen riittävä ratkaisu, vai tulisiko toteuttaa jokin muu ratkaisu esimerkiksi kiertoliittymä tai eritasoliittymä. Porrastetun liittymän turvallisuutta edistetään valitsemalla tilanteeseen sopiva porrastustapa ja toteuttamalla liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut. Suositus on, että taajamissa käytetään oikea-vasenporrastusta ja maaseudulla vasen-oikeaporrastusta. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset tukevat tätä suositusta. Valintaa täytyy silti harkita tapauskohtaisesti, koska valintaan vaikuttavat myös muun muassa liikennemäärä, paikalliset olosuhteet ja luonnon esteet. Liittymän on oltava selkeä ja johdonmukainen, jotta tienkäyttäjät tietää, miten hänen tulee liittymässä liikkua. Väistämisvelvollisuus tulee esittää selkeästi. Hyvin toteutetut ja liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut parhaimmillaan ohjaavat tienkäyttäjää turvalliseen liikkumiseen, parantavat turvallisuutta ja pienentävät onnettomuuksien vakavuutta. Päätien kanavoinnilla voidaan osaltaan selkeyttää liittymää. Oikea-vasenporrastuksessa on syytä olla vasemmalle kääntymiskaistat päätien liikenteen sujuvoittamiseksi. Porrastusvälin tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta liittymätoiminnot eivät sotkeudu ja kääntymiskais-toille on tilaa.

Turvallisuuden ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi on varmistettava, että liittymässä on hyvät näkemät, jotta tienkäyttäjät havaitsevat toisensa ja saavat jo ennen liittymään saapumista kuvan siitä, miten liittymässä tulee ajaa. Nopeuksia alentamalla voidaan vähentää tehokkaasti onnettomuuksia, pienentää onnettomuuksien vakavuutta ja lisätä suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden tunnetta. Liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeutta voidaan kontrolloida hidasteilla. Sivuteiden tulppasaarekkeilla voidaan alentaa sivuteiltä tulevan liikenteen nopeutta. Tehokas keino parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta ja turvallisuuden kokemista on rakentaa liittymään alikulku. Mikäli alikulkua ei voida kustannusten tai muiden syiden takia rakentaa, voidaan esimerkiksi alentaa ajoneuvojen nopeuksia. Lisäksi voi olla hyvä selkeyttää liittymän ylityskohtaa, jotta vältetään sattumanvaraisia ja vaarallisia tienylityksiä. Alhaisilla nopeuksilla on mahdollista toteuttaa myös korotettu suojatiesaareke, jolloin suojaamaton tienkäyttäjät voi ylittää tien kahdessa vaiheessa.

Porrastetun liittymän turvallisuutta tulee tarkastella kokonaisvaltaisesti. Huomioon tulee ottaa sekä objektiivinen turvallisuus, jota voidaan tarkastella onnettomuustilastoista ja subjektiivinen turvallisuus, josta saadaan tietoa tienkäyttäjäpalautteiden kautta. Näin voidaan seurata, edistääkö porrastettu liittymä turvallisuutta ja onko esimerkiksi suunnitteluratkaisuissa puutteita. Vaikka onnettomuustilastojen perusteella liittymä näyttäytyisi turvallisena, on tärkeää, että tienkäyttäjät myös kokevat liittymän turvallisena. On tärkeää seurata porrastettujen liittymien turvallisuutta ja turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotta voidaan tehdä korjaavia toimenpiteitä ja jatkossa toteuttaa parhaiten kulloiseenkin tilanteeseen sopivia ratkaisuja.

Vastaus tutkimuksen päätutkimuskysymyksen: Millainen on turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä?

Turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä on porrastustavaltaan liikenneolosuhteisiin sopiva, siinä on tienkäyttäjien toimintaa tukevat ja turvallisuutta edistävät, suunnitteluratkaisut ja sen turvallisuutta tarkastellaan kokonaisvaltaisesti ottaen huomioon sekä objektiivinen että subjektiivinen turvallisuus.

Turvallinen porrastettu liittymä on selkeä ja ennakoitava, jolloin tienkäyttäjä tietää miten liittymässä tulee liikkua. Turvallisessa porrastetussa liittymässä porrastustapa on valittu olosuhteisiin sopivaksi ja liittymässä on tienkäyttäjien toimintaa tukevat ja liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut, joissa huomioidaan myös suojaamattomat tienkäyttäjät. Turvallisessa porrastetussa liittymässä on selkeät väistämisvelvollisuudet, liittymäympäristöön hyvin soveltuvat nopeudet ja hyvä liittymäjärjestelyjen havaittavuus ja riittävät näkemät. Näin edistetään liikenteen sujuvuutta ja tienkäyttäjät havaitsevat paitsi liittymän myös toisensa ajoissa. Liittymäjärjestelyt ovat selkeitä ja itseohjaavia, mikä edistää tienkäyttäjää liikkumaan liittymässä oikein ja välttämään virheet. Turvallisuutta seurataan, jotta havaitaan mahdolliset turvallisuusongelmat ajoissa ja voidaan tehdä korjaavat toimenpiteet. Turvallisuuden seurantaan kuuluu sekä objektiivisen eli todellisen ja subjektiivisen eli koetun turvallisuuden seuranta. Pelkkä tilastollinen turvallisuus ei riitä, vaan jokaisen tienkäyttäjän on myös koettava porrastetussa liittymässä liikkuminen turvallisesti.

9.2 Tutkimuksen arviointi

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida tutkimuksen reliabiliteetin ja validiteetin kautta. Tutkimuksen reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007, Vilkkä 2007). Toisin sanoen reliabiliteetti arvioi tutkimustulosten pysyvyyttä ja toistettavuutta mittauksesta toiseen (Tuomi 2007, Vilkkä 2007). Reliabiliteetissa tarkastellaan etenkin mittaukseen liittyviä asioita ja tutkimuksen toteutuksen tarkkuutta (Vilkkä 2007). Tutkimuksen validiteetti puolestaan tarkoittaa tutkimuksen kykyä mitata juuri sitä, mitä oli tarkoituskin

tutkia tai mitata. Validiuden tarkastelussa tutkitaan, miten hyvin onnistuttiin saavuttamaan alussa asetetut tavoitteet. (Hirsjärvi et al. 2009 Saunders et al. 2009, Tuomi 2007, Vilkkä 2007). Yhdessä reliabiliteetti ja validiteetti muodostavat tutkimuksen kokonaisluotettavuuden (Vilkkä 2007).

Tutkimuksen reliabiliteetti

Hirsjärven et al. (2009) mukaan tutkimuksen luotettavuutta kasvattaa tutkijan tarkka selostus tutkimuksen toteuttamisesta. Tutkimuksen tekeminen tulee kuvata selvästi ja totuudenmukaisesti (Hirsjärvi et al. 2009). Tutkimuksen luotettavuuden varmistamiseksi käytetyt tutkimusmenetelmät ja niiden toteutus on tässä tutkimuksessa esitetty mahdollisimman tarkasti. Tutkimuksessa käytetyt painetut ja sähköiset aineistot on lueteltu lähdeluettelossa ja lainattuihin teksteihin ja ajatuksiin on tarkasti viitattu tekstissä. Asiantuntijakyselyissä kukin vastaus esitettiin viittaamalla vastaajaan, jotta on mahdollista tarkistaa myöhemmin, ketkä asiantuntijoista olivat mitään mieltä ja missä määrin. Porrastettujen liittymien lähtöaineiston jalostaminen ja onnettomuusdatan kerääminen kuvattiin niin ikään hyvin tarkasti, jotta kuvausten perusteella tutkimus on mahdollista toistaa myöhemmin esimerkiksi uudemman liittymä- ja onnettomuusaineiston avulla.

Tutkimuksen teoriaosuudella eli kirjallisuustutkimuksella pohjustettiin tutkimus- ja varsinaista empiriaa eli kyselyitä ja onnettomuustietojen tarkastelua. Koska aiheesta oli saatavissa melko suppeasti tietoa, kirjallisuustutkimuksessa hyödynnettiin kattavasti eri tietokantoja. Aineistona käytettiin pääosin tieteellisiä julkaisuja, artikkeleita, aikaisempia tutkimuksia, suunnitteluohjeita ja kirjoja. Työssä käytetyt painetut ja sähköiset lähteet valittiin huolella ja niiden sopivuutta tutkimukseen arvioitiin kartoittamalla ensin aineiston keskeisiä näkökulmia ja tekemällä muistiinpanoja. Lähteitä saatiinkin kerättyä monipuolisesti ja lähteiden välille saatiin muodostettua hyvin vuoropuhelua, millä voidaan lisätä tutkimuksen luotettavuutta. Reliabiliteetin osalta tutkimuksen epävarmuustekijät liittyvät enemmän tutkimuksen empiriaosuuteen.

Suurta vastaajamäärää ja korkeaa vastausprosenttia tärkeämpää asiantuntijakyselyissä oli saada laadukkaita vastauksia ja tässä onnistuttiin hyvin. Erityisesti suomalaisista asiantuntijavastauksista saatiin kattavasti näkökulmia, joita voitiin hyödyntää onnettomuusanalyysissa ja pohdinnoissa. Ulkomaalaisien vastausten kautta tiedusteltiin kunkin maan osalta vain yhden asiantuntijan näkemyksiä, joten vastausten anti jäi suppeammaksi. Tulokset olisivat voineet olla ulkomaalaisille toteutettujen kyselyjen osalta kattavampi, mikäli ulkomailta olisi kerätty vastauksia useammalta asiantuntijalta. Ulkomailta ei kuitenkaan ollut kuitenkaan tavoitteena saada vastaavaa kattavuutta kuin suomalaisilta asiantuntijoilta, koska tutkimuksen painopiste oli Suomen tilanteessa.

Asiantuntijavastaukset täydensivät hyvin teoriaosuudessa tehtyjä havaintoja aiemmista tutkimuksista. Suomalaisten asiantuntijavastausten perusteella saatiin osin tietoa myös

porrastettujen liittymien subjektiivisesta turvallisuudesta asiantuntijoille tulleiden tienkäyttäjäpalautteiden osalta. Negatiiviset palautteet porrastettujen liittymien turvallisuuden kokemisesta oli kuitenkin saatu suhteellisen pieneltä joukolta. Tämän vuoksi turvatomuuden kokemusta ei tässä onnettomuusdataan ja asiantuntijakyselyihin perustuvassa tutkimuksessa pystynyt tarkastelemaan syvällisemmin. Asiantuntijoille tulleiden tienkäyttäjäpalautteiden perusteella ja käymällä läpi suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet poliisin onnettomuusselostuksista pystyttiin kuitenkin löytämään mahdollisia ongelmakohtia, jotka todennäköisesti vaikuttavat suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen.

Onnettomuustiedoista saatuihin tuloksiin voi osaltaan vaikuttaa porrastettuihin liittyviin liittyvä epätarkkuus. Kuten Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa ei tämänkään tutkimuksen tarkasteluissa voitu erotella esimerkiksi tarkoituksella toteutettuja porrastettuja liittymiä muutoin lähekkäin sijaitsevista kolmihaaraliittymistä, joiden järjestelyt voivat poiketa porrastettujen liittymien järjestelyistä. Toisaalta tässä tutkimuksessa ei tavoitellukaan suoraa vertailua nelihaaraliittymään tai porrastustoimenpiteen arviointia nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamisessa. Henkilövahinko-onnettomuuksien tarkastelussa tuloksiin on voinut aiheuttaa epätarkkuutta henkilövahinko-onnettomuuksien osin huono kattavuus tilastoissa. Porrastettujen liittymien onnettomuusaineiston käsittelyyn ja tietojen hakemiseen liittyy inhimillisen virheen mahdollisuus. Porrastettuja liittymiä ja niissä tapahtuneita henkilövahinko-onnettomuuksia varten kerätty tieosoite-, liikennemäärä-, nopeus- ja onnettomuustiedot olivat Väyläviraston eri järjestelmissä. Tutkimusta varten tietoja joutui kirjaamaan ja yhdistelemään eri järjestelmistä tässä tutkimuksessa hyvin paljon käsin, mikä voi osaltaan aiheuttaa epätarkkuuksia. Kokonaisuuden kannalta mahdolliset yksittäiset kirjausvirheet eivät kuitenkaan ole kovin merkittäviä. Liittymien suunnitteluratkaisuista ei ollut valmista dataa, joten suunnitteluratkaisut katsottiin yksittäin liittymä kerrallaan Google Mapsin karttapalvelusta. Tähän voi liittyä osaltaan epätarkkuuksia, jos jokin järjestely on jäänyt huomaamatta. Tutkimuksessa pyrittiin suureen huolellisuuteen kaikissa sen vaiheissa.

Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteiden tarkastelussa epävarmuutta aiheutti osaltaan onnettomuuksien pieni määrä tarkemmilla tarkastelutasoilla. Esimerkiksi jaettaessa suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet jalankulkija-, polkupyörä-, ja mopo-onnettomuuksiin korostuu satunnaisuuden vaikutus onnettomuusmäärissä. Satunnaisuuden vaikutus korostuu myös kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tarkasteltaessa. Kuitenkin vertailtaessa tämän tutkimuksen tuloksia Peltolan ja Malinin (2016) tutkimustuloksiin porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien ja onnettomuusasteiden osalta saadaan yhteneviä tuloksia, mikä lisää tulosten luotettavuutta. Hirsjärven et al. (2009) mukaan kahden arvioijan päätyessä yhtenevään tulokseen tai tutkittaessa samaa tilannetta eri tutkimuskerroilla ja saadaan yhtenevä tulos, voidaan tuloksia pitää luotettavana. Yhteneviin tuloksiin vaikuttaa, että porrastettujen liittymien lähtöaineisto on osin sama Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen kanssa. Tässä tutkimuksessa lähtöaineistona

oli Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta saatuja pääteiden tieosoitetietoja porrastetuissa liittymissä. Muut tiedot tätä tutkimusta varten kuitenkin haettiin ja laskettiin uudelleen.

Tutkimuksen validiteetti ja uutuusarvo

Hirsjärven et al. (2009) ja Tuomen (2007) mukaan määrällisessä ja laadullisessa tutkimuksessa tutkimuksen validiteettia voidaan tarkentaa käyttämällä useita tutkimusmenetelmiä. Tutkimusstrategiana tässä tutkimuksessa hyödynnettiin useita tutkimusmenetelmiä hyödyntävää triangulaatiotutkimusta. Useiden tutkimusmenetelmien hyödyntäminen on rikastuttanut johtopäätösten tekoa tuloksista. Kirjallisuustutkimuksesta saatavat tiedot ja kyselyvastaukset ovat syventäneet onnettomuustietojen analysoinnissa saatujen tulosten pohdintaa ja analysointia. Tuloksia on voitu verrata keskenään.

Tutkimuksen tavoitteena oli saada edellisiin tutkimuksiin nähden tarkempaa tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta ottaen huomioon myös jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat ja näiden tienkäyttäjryhmien osuus porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksissa. Tutkimuksen tavoitteena oli, että etenkin liikennesuunnittelijat saisivat tietoa siitä, kuinka paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu ja mitkä tekijät niihin vaikuttavat. Tarkoituksena oli saada tietoa myös porrastetuissa liittymissä käytetyistä suunnitteluratkaisuista ja niiden vaikutuksesta turvallisuuteen. Lisäksi haluttiin tietää, miten paljon henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille ja miten suojaamattomat tienkäyttäjät huomioidaan porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisuissa. Näiden perustella oli tarkoitus määritellä, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteilla kaikille tienkäyttäjille.

Tutkimuksessa saavutettiin tavoitteet kattavasti ja saatiin vastaukset kaikkiin tutkimuskysymyksiin. Kirjallisuustutkimus, kyselyt ja onnettomuustietojen analysointi toimivat tavoitteiden saavuttamisessa hyvin ja tutkimuskysymyksiin vastattiin yhdistäen koko työstä saatuja tietoja. Tutkimuksen myötä löydettiin myös mahdollisia tarkennuksia suunnitteluohjeeseen porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisujen osalta mikä on merkittävää porrastettujen liittymien turvallisuuden edistämisen kannalta.

Kirjallisuustutkimuksen ja asiantuntijakyselyjen perusteella porrastetut liittymät ja niiden turvallisuus on vähän tutkittu aihe Suomessa ja ulkomailla. Porrastettujen liittymien turvallisuudesta ei yleisesti ottaen ole tehty paljoa tutkimusta 2000-luvulla. Suomessa ei ollut aiemmin tutkittu, millaisia henkilövahinko-onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu. Myöskään suunnitteluratkaisujen vaikutusta turvallisuuteen ei ollut aiemmin tutkittu. Aiemmat tarkastelut olivat käsitelleet kaikille tienkäyttäjille tapahtuneita onnettomuuksia, joten suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määristä ja tyypillisistä onnettomuuksista porrastetuissa liittymissä ei ollut

aiempaa käsitystä. Tutkimuksessa läpi käydyn kirjallisuuden perusteella vastaavia tarkasteluja ei ollut tehty myöskään ulkomailla. Näin ollen tässä tutkimuksessa saadut tulokset ovat myös ainutlaatuisia ja niillä on uutuusarvoa.

Tutkimuksen teoriaosuudessa ja empiriassa porrastettujen liittymien turvallisuutta lähestyttiin uusilla lähestymistavoilla aiempiin tutkimuksiin verrattuna. Porrastettujen liittymien turvallisuuteen liittyviä tuloksia ei ollut tässä laajuudessa aiemmin esitelty. Empiriassa kyselyjen ja onnettomuustietojen tutkimisen yhdistäminen tutkimusmenetelminä olivat uusi lähestymistapa aiheeseen aiempiin toteutettuihin tutkimuksiin nähden. Asian tuntijoilta oli mahdollista saada aiheesta sellaista käytännön näkemystä, jota ei pelkästään onnettomuustietoja tutkimalla olisi pystynyt saamaan.

9.3 Aiheita jatkotutkimuksiin

Kirjallisuustutkimus, onnettomuustietojen ja suunnitteluratkaisujen tutkiminen ja työn rajaukset toivat esiin mahdollisia jatkotutkimusaiheita. Seuraavassa esitellään kolme jatkotutkimusaihetta.

Jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden subjektiivinen turvallisuus porrastetuissa liittymissä

Tässä työssä pystyttiin käsittelemään tienkäyttäjien kokemaa eli subjektiivista turvallisuutta vain pintapuolisesti. Negatiiviset palautteet porrastettujen liittymien turvallisuuden kokemisesta on saatu pieneltä joukolta. Mikäli haluttaisiin selvittää suojaamattomilta tienkäyttäjiltä, missä määrin nämä kokevat turvattomuutta porrastetuissa liittymissä, tulisi tienkäyttäjäpalautetta kerätä erikseen laajemmalla otannalla. Tällöin voitaisiin luotetavammin selvittää, missä määrin, mistä syistä ja millaisissa porrastetuissa liittymissä suojaamattomat tienkäyttäjät kokevat turvattomuutta. Näitä tienkäyttäjäpalautteita voisi tämän jälkeen sitten verrata esimerkiksi tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin ja tarkastella, kohtaavatko koettu ja todellinen turvallisuus. Tällöin tutkimuskysymys voisi olla esimerkiksi, koetaanko porrastetut liittymät turvallisiksi tai onko turvallisuuden kokeminen ristiriidassa todellisen turvallisuuden kanssa. Lisäksi voitaisiin selvittää, mitkä ovat toimivia, alikulkua kevyempiä ratkaisuja, parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta porrastetuissa liittymissä.

Nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutus turvallisuuteen

Toinen jatkotutkimusaihe liittyy porrastettujen liittymien ja nelihaaraliittymien ennen-jälkeen-tutkimukseen. Ennen-jälkeen-tutkimuksessa voisi verrata liittymän porrastamisen vaikutusta onnettomuusmääriin ja -asteisiin ennen nelihaaraliittymän porrastamista ja sen jälkeen. Tähän voisi liittyä myös ennen-jälkeen-nopeusmittaukset, jossa mitattaisiin ajoneuvojen nopeuksia ennen porrastustoimenpidettä ja sen jälkeen. Sørensenin &

Mosslemin (2009) tutkimuksen perusteella porrastettujen liittymät voivat parantaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kokemaa turvallisuutta, koska porrastettu liittymä voi muotonsa ansiosta osaltaan alentaa ajoneuvojen nopeuksia.

Parhaan liittymätyypin määrittely nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamisessa

Porrastettu liittymä ei ole aina riittävä tai sopiva vaihtoehto parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta. Erityisesti asiantuntijavastausten kautta nousi esiin porrastukselle vaihtoehtoisina nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamistoimenpiteinä kiertoliittymä ja eritasoliittymä. Nämä vaihtoehdot saatetaan jättää pois kalliimpien toteutuskustannusten vuoksi. Joissakin tilanteissa liittymä voi olla myös parempi jättää tavalliseksi nelihaaraliittymäksi. Asiantuntijavastauksissa muistutettiin myös, että nelihaaraliittymää itsessään voidaan parantaa esimerkiksi turvasaarekkeilla tekemättä mitään sen suurempia toimenpiteitä. Yksi jatkotutkimusaiheista olisikin tutkia, millaisissa tilanteissa porrastaminen on voi olla sopivin vaihtoehto, ja millaisissa tilanteissa jokin muu vaihtoehto on sopivampi.

LÄHTEET

- Ahlroth, J., Pöllänen M. (2011). Liikenneturvallisuus: opetusmoniste. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. 196 s.
- Alastalo, M., Åkerman, M., Vaittinen, T. (2017). Tutkimushaastattelun käsikirja. Hyvärinen, M., Nikander, P., Ruusuvuori, J. (toim.). Vastapaino. 460 s.
- Alkula, T., Pöntinen, S., Ylöstalo P. (2002). Sosiaalitutkimuksen kvantitatiiviset menetelmät. Sanoma Pro. 330 s.
- Bared, J. G., Kaiser, E. I. (2001). Advantages of offset T-intersections with guidelines. In International Conference: Traffic Safety on Three Continents PTRC Education and Research Services Limited. No. VTI Konferens 18A.
- Bennett, G., Blackmore, F. C. (1970). Accident risks and capacity of single level intersections. Tenth Int. Study Week in Traffic and Safety England.
- Bowen, A., Eubank, M., Kaiser, J., Plattner D., Richards, G., Smith, B., Steckler, B., (2014). Intersection Decision Guide. Indiana Department of Transportation. INDOT.
- Brüde, U., & Larsson, J. (1987). Förskjutna 3-vägs korsningar på landsbygden: Effekt på trafiksäkerhet. Statens Väg-och Trafikinstitut. VTI meddelande 544. 14 s.
- Cai, Z., Xiong, M., Ma, D., Wang, D. (2016). Traffic design and signal timing of staggered intersections based on a sorting strategy. Advances in Mechanical Engineering. Vol.8(4), s. 1–9.
- Candappa, N., Scully, J., Newstead, S., Corben, B. (2007). Findings on the effectiveness of intersection treatments included in the Victorian statewide Accident Black Spot Program. In Australasian Conference on Road Safety.
- Craus, J. (1983). Analysis of Operational Characteristics of Staggered Intersections. Research Report 83-Z6. Transportation Research Institute.
- ECMT. (2000). Safety in Road Traffic for Vulnerable Users. European Conference of Ministers of Transport. Third Road Safety Week in the UN/ECE Region.
- Eksler, V. (2007). The role of structural factors in road safety. Retrieved from Ectri. org.
- Ellram, L. (1996). The use of the case study method in logistics research. Journal of Business Logistics. Vol.17(2). s. 93–138.

Elvik, R., Vaa, T., Høy, A., Sørensen, M. (2009). The handbook of road safety measures. Emerald Group Publishing. 1140 s.

ELY. (2011). Joensuun liikenneturvallisuussuunnitelma. Liikenneturvallisuustyön ja liikennenympäristön kehittämissuunnitelmat. Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2011. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 130 s.

ELY. (2018). Valtatien 9 parantamistoimet välillä Turku-Humppila vuosina 2017–2019. Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus. Viitattu 23.8.2018, osoitteesta https://www.ely-keskus.fi/web/ely/varsinais-suomi-valtatien-9-parantamien?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14405.

Eriksson, P., Kovalainen, A. (2008). Qualitative Methods in Business Research. SAGE Publications. 376 s.

Google Maps. Ilmakuvanäkymät. Googlen avoin karttapalvelu. Viitattu osoitteesta <https://www.google.fi/maps>.

Haddon, W. (1983). Approaches to Prevention of Injuries. In Miami: American Medical Association Conference on Prevention of Disabling Injuries. s. 1–31.

Heltimo J., Korhonen, A. (2016). Käsikirja kunnan liikenneturvallisuustyöhön. Suomen Kuntaliitto. 94 s.

Heltimo, J., Lautala, M. (2013) Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen liikenneturvallisuussuunnitelma. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 120/2013. 60 s.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P., Sinivuori, E. (2009). Tutki ja kirjoita. Tammi. 464 s.

Hughes, W., Jagannathan, R., Sengupta D., Hummer, J. (2010). Alternative Intersection/Interchanges: Information Report. AIIR. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. 324 s.

Hummel, T. (2001). Intersection planning in Safer Transportation Network Planning. SWOV. Institute for Road Safety Research. 35 s.

Jensen, J.L., Rodgers, R. (2001). Cumulating the Intellectual Gold of Case Study Research. Public Administration Review. Vol.61(2), s. 235–246.

Jokela, J., Lehtomaa, J. (2009). Liikenteen sujuvuuden parantaminen kaupunkien pääväylillä pienin toimenpitein. Tiehallinnon selvityksiä 35/2009. Tiehallinto. 66 s.

Jyväskylän yliopisto. (2014). Tutkimusstrategiat. Viitattu 30.3.2019, osoitteesta <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkujja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat>.

Karttapaikka. Maanmittauslaitoksen avoin karttapalvelu. Viitattu, saatavissa <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>.

Klang, J., Kelkka M., Nyberg J., Svenns, T. (2013). Valtatie 1 liikenneturvallisuustarkastus. Tarkastusraportti. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 67/2013. Varsinais-Suomen ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 30 s.

Klang, J., Heltimo, J., Lautala, M. (2015). Vakka-Suomen seudun liikenneturvallisuussuunnitelma. Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 40/2015. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 67 s.

Klunder, G., Abdoelbasier, A., Immers, B. (2006). Development of a micro-simulation model to predict road traffic safety on intersections with surrogate safety measures. Intelligent Transport Systems (ITS). s. 1–8.

Kuciemba, S.R. & Cirillo J.A. (1992). Safety effectiveness of highway design features, Volume V: Intersections. Federal Highway Administration. 13 s.

Kuittinen T., (2017). Pyöräilyn turvallisuus kiertoliittymissä. Opinnäytetyö 4/2017. Liikennevirasto. 97 s.

Kulmala, R. (1995). Safety at rural three- and four-arm junctions. Development and application of accident prediction models. VTT Publications 233. VTT. 104 s.

Kulmala, R. (1992) Onnettomuudet pääteiden tasoliittymissä. VTT tutkimusraportti 65. VTT. 50 s.

Layfield, R.E., Summersgill, I., Hall, R.D., Chatterjee, K. (1996). Accidents at urban priority crossroads and staggered junctions. TRL Report 185. 120 s.

Lesch, P., Reihe, H., Vaarala, R. (2016). Selvitys jalankulun ja pyöräilyn liikennejärjestelyistä Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. Liikenneturvan selvityksiä 1/2016. 46 s.

Liikenneturva. (2019). Vaikeat ajo-olosuhteet. Viitattu 17.4.2019, osoitteesta <https://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/vaikeat-ajo-olosuhteet>.

Liikennevirasto (2013). Mopon paikka liikenneympäristössä. Liikenneviraston ohjeita 1/2013. 24 s.

Liikennevirasto (2014). Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 11/2014. 188 s.

Liikennevirasto. (2016a). Maanteiden liikennevalojen suunnitteluohje. LIVASU 2016. Liikenneviraston ohjeita 37/2016. 230 s.

Liikennevirasto (2016b). Onnettomuusrekisterin tietosisältö. Word-dokumentti 8/2016. Viitattu 14.2.2019, osoitteesta <https://vayla.fi/palveluntuottajat/aineistot/tierekisteri#.XI4rOSgzYuV>.

Liikennevirasto. (2018). Liikenneonnettomuudet maanteillä vuonna 2017. Liikenneviraston tilastoja 9/2018. 68 s.

Liikenteen turvallisuusvirasto (2015). Tieturvallisuusarviointi. Koulutusaineisto. 81 s.

Luoma, J., Roine, M. (2009). Liikenneturvallisuustoiminnan lähestymistavat. VTT-tiedotteita. VTT. 59 s.

LVM (2012). Tavoitteet todeksi. Tieliikenteen turvallisuussuunnitelma vuoteen 2014. Ohjelmia ja strategioita 1/2012. Liikenne- ja viestintäministeriö. 61 s.

LVM (2016). Tiedosta liikenneturvallisuutta. Valtioneuvoston periaatepäätös tieliikenneturvallisuuden parantamiseksi. Liikenne- ja viestintäministeriö. 23 s.

Maantielaki (503/2005). 4 §. Maantiet ja niiden luokittelu. Viitattu 15.1.2019, osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050503>.

Mahalel, D., Craus, J., Polus, A. (1986). Evaluation of Staggered and Cross Intersections. Journal of Transportation Engineering. Vol.112(5). s. 495–506.

Malmivuo, M., Luoma, J. (2014). Nasta- ja kitkarenkaat kuolemaan johtaneissa talviajan onnettomuuksissa. VTT Technology 204. 33 s.

Montonen, S. (2008). Kiertoliittymien turvallisuus. Tiehallinnon selvityksiä 8/2008. Tiehallinto. 68 s.

Mäkelä, O., Kärki, J. (2004). Tievalaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja ajonopeuksiin. Tiehallinnon selvityksiä 18/2004. Tiehallinto. 59 s.

Mäkinen, K. (2013). Maanteiden suojatieonnettomuusanalyysi. Uudenmaan, Kanta-Hämeen ja Päijät-Hämeen alueilla vuosina 2007–2011. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 8/2013. 93 s.

Ogden, K.W. (1996). Safer roads: A guide to road safety engineering. Avebury Technical. 516 s.

Ojala, V., Enberg Å., Luttinen, T. (2007). Tieliikenteen palvelutason määrittäminen. Kat-saus Euroopan maiden käytäntöihin. Tiehallinnon selvityksiä 55/2007. Tiehallinto. 66 s.

- Olkkonen, T. (1993). Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön. Teknillinen korkeakoulu. 143 s.
- Peltola, H., Malin, F. (2016). Maanteiden tasoliittymien turvallisuus. Onnettomuudet vuosina 2011–2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2016. Liikennevirasto. Helsinki. 52 s.
- Peltola, H., Mesimäki, J. (2019). Tasoliittymän väistötilan liikenneturvallisuusvaikutukset. Väyläviraston tutkimuksia 9/2019. Väylävirasto. 35 s.
- Peltola, H., Rajamäki, R. (2004). Liikenneturvallisuus yleisillä teillä vuosina 1997–2001. Tiehallinnon selvityksiä 7/2004. Tiehallinto. 59 s.
- PIARC. (2003). Road safety manual. Recommendations from the World Road Association. PIARC technical committee on road safety. R2oute market. 602 s.
- Preece, J., Rogers, Y. & Sharp, H. (2002). Interaction design: beyond human-computer interaction. Wiley. New York. 519 s.
- Rajamäki, R. (2008). Väistötilan ja pääsuunnan kääntymiskaistojen vaikutus liikenneturvallisuuteen. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 21/2008. Tiehallinto. 40 s.
- Reiman, T. (2015). Turvallisuusasiantuntijoiden roolit, toimintatavat ja tarvittavat kyvyt ja taidot. VTT Technology 198. 34 s.
- Rodegerdts, L. A., Nevers, B., Robinson, B., Ringert, J., Koonce, P., Bansen, J., Nguyen, T., McGill, J., Stewart, J., Suggett, J., Neuman, T., Antonucci, N., Hardy, K., Courage, K. (2004). Signalized intersections: informational guide. 369 s.
- Routio, P. (2005). Kyselevät tutkimustavat. Teoksessa: Tuotetiede. Taideteollinen korkeakoulu. Viitattu 25.1.2019, osoitteesta <http://www2.uiah.fi/projects/metodi/064.htm>.
- Salminen, A. (2011). Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. 44 s.
- Saunders, M., Lewis, P. Thornhill, A. (2009). Research Methods for Business Students. Pearson. 768 s.
- Schnüll, R., Richter, T. (1994). Sicherheitsvergleich der Knotenpunktgrundformen Kreuzung und Rechtsversatz an Straßen außerhalb bebauter Gebiete. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. 1405 s.
- Soininen, M. (1995). Tieteellisen tutkimuksen perusteet. Turun yliopisto. 182 s.

Sørensen, M., Mosslemi, M. (2009). Subjective and objective safety. The effect of road safety measures on subjective safety among vulnerable road users. TOI report(1009). 140 s.

Supreme (2007). Tieliikenneturvallisuusalan parhaat käytännöt. Maakohtaisten toimenpiteiden käsikirja. Loppuraportti. Viitattu 4.2.2019, osoitteesta https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/supreme-c_fi.pdf.

Theeuwes, J., Godthelp, H., (1995). Self-explaining roads. Safety Science 19. s. 217-225.

Tiehallinto. (2001). Tasoliittymät. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto. 95 s.

Tiehallinto. (2002). Pääteiden liittymästandardit. Sisäisiä julkaisuja 7/2002. 89 s.

Tieliikennelaki (267/1981). 8§. Tien eri osien käyttö. Viitattu 10.2.2019, osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267>.

Tiemappi. Peruskarttakäyttöliittymä Väyläviraston, Ely-liikennevastualueen ja Finnran-tin käyttäjille. Väylävirasto. Saatavissa <https://extranet.liikennevirasto.fi/tiemappi/>.

Tilastokeskus. (2019). Tieliikenneonnettomuustilasto. Viitattu 28.1.2019, osoitteesta <https://www.stat.fi/meta/til/ton.html>.

Trafikverket. (2018). Bygg om eller bygg nyt. Kapitel 2 Vägtyper, korsningar och förbättringsåtgärder. Rapport. Version 1/4/2018. 19 s.

TRUM. (2018). Part 6: Intersections, Interchanges and Crossings. Traffic and Road Use Management. Volume 1 – Guide to Traffic Management. Queensland Government. Department of Transport and Main Roads. Viitattu 28.1.2019, osoitteesta <https://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/Technical-standards-publications/Traffic-and-Road-Use-Management-manual/Volume-1>.

Tuomi, J. (2007). Tutki ja lue: johdatus tieteellisen tekstin ymmärtämiseen. Tammi. 171 s.

Uljas, M., Hytönen, K., Svenns, T., Turunen, H. (2015). Uudenkaarlepyyn liikenneturvallisuussuunitelma 2014. Raportteja 12/2015. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 48 s.

Valtonen, J. (2017). Polkupyöräilijän kuolemaan johtaneet tieliikenneonnettomuudet vuosina 2011–2015. Liikenneturvan selvityksiä 3/2017. Liikenneturva. 23 s.

Vegdirektoratet. (2014). Geometrisk utforming av veg- och gatekryss. Veiledning. Håndbok V121. Statens vegvesen. 85 s.

Vejdirektoratet. (2014). Håndbog, Trafiksikkerhed. Effekter af vejtekniske virkemidler. Rapport nr 507. 116 s.

Vejregler. (2012). Planlægning af vejkryds i åbent land. Håndbok. Anlæg og planlægning. Høringsudgave. 125 s.

Vejregler. (2017). Prioriterede vejkryds i åbent land. Håndbok. Anlæg og planlægning. Høringsudgave. Afventer ikrafttræden af bindende bestemmelser. 100 s.

Vejregler. (2018). Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land. Håndbok. Anlæg og planlægning. Afventer ikrafttræden af bindende bestemmelser. 132 s.

Vilkka, H. (2007). Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Helsinki. 188 s.

Vägverket. (2004). Vägar och gators utformning. Korsningar. Utdrag ur: VV Publikation 80/2004. 193 s.

Vägverket. (2008). Nybyggnad och förbättring. Effektkatalog. Kap 6. Trafiksäkerhet. Effektsamband för vägtransportsystemet. Publikation 1/2008. 114 s.

Väylä. (2019a). Tierekisteri. Viitattu: 28.1.2019, osoitteesta <https://vayla.fi/palveluntuottajat/aineistot/tierekisteri#.XE7ylFwzZPY>.

Väylä. (2019b). Tieosoitejärjestelmä. Ohje. Viitattu 28.1.2019, osoitteesta: <https://vayla.fi/documents/20473/143621/tieosoitej%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf/a01ed3ae-2c0c-453d-9f4d-65176fc9aae2>.

LIITTEET

LIITE A: KYSELY SUOMALAISILLE ASiantuntijoille

LIITE B: KYSELY ULKOMAALAISILLE ASiantuntijoille

LIITE C: ONNETTOMUUSLUOKAN MÄÄRITTELY

LIITE D: LIIKENNEONNETTOMUUSTYYPPIKUVASTO

LIITE E: ONNETTOMUUKSIEN AJALLINEN TARKASTELU

LIITE F: PORRASTETTUIJEN LIITTYMIEN ONNETTOMUUSTYYPIT

LIITE G: PÄÄTIEN KANAVOINTI

LIITE H: SUOJAAMATTOMIEN TIENKÄYTTÄJIEN ONNETTOMUUDET JA SUUNNITTE-
LURATKAISUT

LIITE I: ENITEN HENKILÖVAHINKOON JOHTANEITA ONNETTOMUUKSIA

LIITE A: KYSELY SUOMALAISILLE ASiantuntijoille

Hyvä vastaanottaja,

Liikenneviraston Hankesuunnitteluosastossa on käynnissä tutkimus porrastettujen liittymien turvallisuudesta. Osana tätä tutkimusta pyydämme teitä vastaamaan tämän viestin liitteenä olevaan kyselyyn. Vastaukset ovat erittäin tärkeitä tutkimuksen toteuttamisen kannalta ja vastaamiseenne käyttämänne aika on meille erittäin arvokasta.

Nelihaaraliittymien porrastamista pidetään kustannustehokkaana toimenpiteenä liikenneturvallisuuden parantamiseksi maanteillä ja tällaisia liittymämuutoksia on tehty Suomessa useita. Porrastettujen liittymien turvallisuutta on kuitenkin verrattain vähän tutkittu. Aiemmissa tutkimuksissa ei selviä, minkä tyyppisiä onnettomuuksia tienkäyttäjille sattuu ja millaisissa tapauksissa porrastus on liikenneturvallisuuden vuoksi perusteltua. Tutkimuksista ei myöskään selviä, miten porrastettujen liittymien turvallisuutta voitaisiin parantaa, ja onko porrastetuissa liittymissä huomioitu jalankulkijat, polkupyöräilijät ja mopoilijat. Tässä tutkimuksessa pyritään löytämään vastauksia edellä mainittuihin kysymyksiin. Tavoitteena on selvittää, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä.

Tutkimuksen toteuttaa diplomityönä Leena Karhu Tampereen teknillisestä yliopistosta. Tutkimus koostuu kirjallisuuskatsauksesta, Suomeen ja ulkomaille tehtävistä asiantuntijakyselyistä sekä onnettomuustietojen analysoinnista Suomessa vuosilta 2009-2017. Suomalaisille asiantuntijoille tehtävien kyselyjen tarkoituksena on saada tietoa, millainen käsitys asiantuntijoilla on porrastettujen liittymien turvallisuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Vastaukset voi antaa sähköpostiviestiin kirjoitettuna tai täydentäen vastaukset kysymysliitteeseen. Voitte vastata joko kaikkiin tai osaan kysymyksistä. Vastaukset käsitellään nimettömänä, eikä vastauksia yhdistetä yksittäisiin vastaajiin. Tutkimuksessa kootaan yhteen vastauksissa saadut näkemykset, sekä tuodaan esiin, mitä asioita näistä nousee eniten esiin. Vastauksia hyödynnetään tutkimuksen lopputuloksissa yhdessä teoriasta ja onnettomuustietojen tulkinnasta nousseiden tulosten kanssa ja peilataan näitä toisiinsa. Tutkimus valmistuu keväällä 2019.

Nelihaaraliittymä ja porrastuksen toteutusvaihtoehdot oikea-vasen- ja vasen-oikea-porrastus on havainnollistettu kyselyn lopusta löytyvässä kuvassa 1.

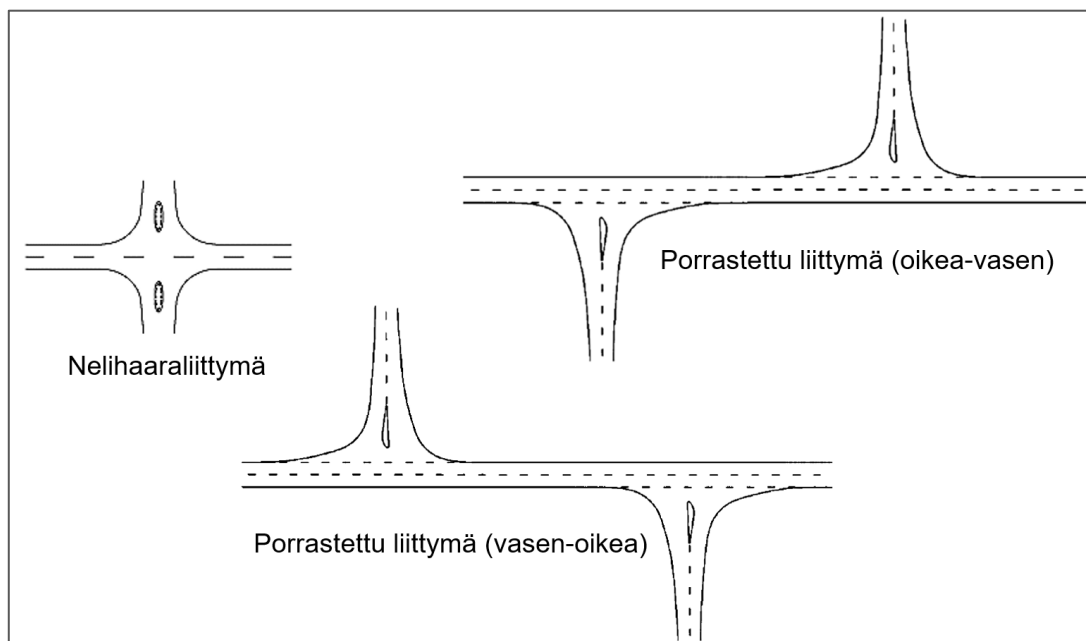
Kysymykset:

1. Onko porrastettu liittymä mielestänne hyvä keino parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta maanteillä? Miksi? Milloin porrastus on mielestänne sopiva ja missä tilanteissa jokin muu liittymätyyppi on parempi?
2. Millaisena näette porrastettujen liittymien turvallisuuden esimerkiksi tienkäyttäjiltä saatuihin palautteisiin, onnettomuusmääriin tai omaan kokemukseen perustuen?
3. Mitä suunnitteluratkaisuja porrastetussa liittymässä tulisi vähintään toteuttaa tienkäyttäjien turvallisuuden kannalta? (Esimerkiksi kanavointi tiemerkinnoin tai saarekkeella, väistötila)
4. Mikä on porrastuksen paras toteutustapa? Miten porrastetun liittymän turvallisuutta voidaan parantaa? (Esimerkiksi suunnitteluratkaisut, oikea-vasen-, vasen-oikea-porrastus)
5. Miten mielestänne porrastettujen liittymien suunnittelussa tulisi ottaa huomioon jalankulkijat, polkupyöräilijät ja mopoilijat? Millaisia järjestelyitä ehdottaisit nämä tienkäyttäjärühmät hyvin huomioon ottavina ratkaisuin?

6. Muita huomioita porrastetuista liittymistä tai nelihaaraliittymistä? Voitte myös kertoa kommentteja kyselystä.

Pyydämme toimittamaan vastaukset 23.11.2018 mennessä osoitteeseen leena.karhu@liikennevirasto.fi

Kiitos yhteistyöstä!



Kuva 1. Nelihaaraliittymä ja porrastetut liittymät (Tiehallinto 2001, 2002)

LIITE B: KYSELY ULKOMAALAISILLE ASIAANTUNTIJOILLE

Dear Sir or Madam,

We are writing to you about the questionnaire concerning staggered intersections and their safety. We got your contact details from Finnish member Ms. Auli Forsberg in the CEDR Working Group Road Safety. If you have a colleague who you feel is more appropriate for this questionnaire, please be so kind to send this to him/her.

The Finnish Transport Agency is performing a study on the safety of staggered intersections. As a part of this study, we kindly request You to answer the questionnaire, which You can find attached. Your answers are very important and we appreciate highly the time you'll spend to answer the questions.

A staggered intersection (staggered junction, off-set intersection) is a special type of intersection, which is made up of two three-leg intersections. As an option to improve the safety of four-leg intersection, a modification to a staggered intersection has been widely used in Finland. However, the safety of staggered intersections is relatively limited studied. Previous studies don't give information of what type of accidents happen to the road users or in which kind of situations the staggered intersections are a better intersection type in sense of road safety. Likewise, there isn't information on how to improve the safety of staggered intersections, and how to take pedestrians, cyclists and moped riders into account in arrangements. In this study, we aim to answer the questions mentioned above and to find out what kind of a staggered intersection is safe on highways.

The study is carried out as a Master's Thesis by Leena Karhu from Tampere University of Technology. The study is composed of a literature review, questionnaires to experts from Finland and abroad, and analysis of Finnish accident data between years 2009 and 2017. The purpose of these inquiries for foreign experts is to find out whether changing the type of the intersection from a four-leg intersection to a staggered intersection is used in other countries than Finland and to find out what thoughts the experts have about staggered intersections and their safety.

Answers can be given as attachment files or written via email. The answers will be processed anonymously, and the answers will not be individual respondents to the answerer. The answers will be utilized in the study as considering the ways to improve the safety of four-leg intersections and planning safe staggered intersections. The study will be complete in the spring 2019. Brief English summary about the findings will be send to all respondents.

A four-legged intersection and two types of staggered intersections are presented in figure 1 at the end of the questionnaire.

Questions:

- 1. What types of intersections are used as alternative types of intersections when considering improving the safety of the four-leg intersections on highways (outside urban areas) in your country? Which type is the most typical and why?** For example a staggered junction or a roundabout.
- 2. What kind of traffic arrangements should at least be executed in staggered intersections considering the safety of road users?** (For example channelization, turning lanes)
- 3. What is the best way to execute a staggered intersection? How may the safety of the staggered intersection be improved?** (For example traffic arrangements, type of staggered intersection: see figure 1 for examples)

4. How can the safety of pedestrians, cyclists and moped riders be taken into account when designing a staggered intersection? What type of traffic arrangements do you suggest for the road users mentioned above? (For example pedestrian and bicycling underpass)
5. Are there any guidelines, articles or studies about the staggered intersections or improving the safety of four-leg intersections conducted in your country that You could recommend?
6. Do you have any other comments about the staggered intersections or the four-leg intersections? You can also comment on this inquiry.

We wish to have Your responses latest 5th of December 2018 to leena.karhu@liikennevirasto.fi by email.

Thank You for your cooperation!

If you have any questions please do not hesitate to contact us!

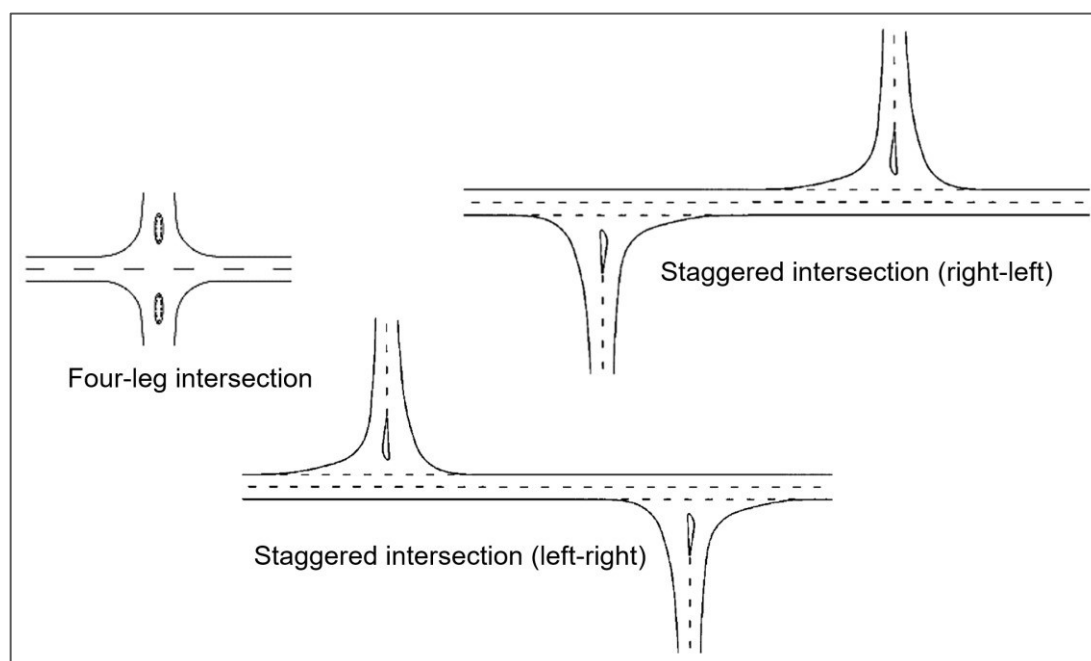

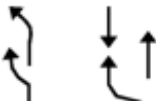
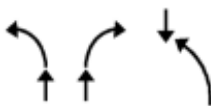
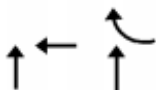




Figure 1. A Four-leg intersection and the options for the staggered intersections

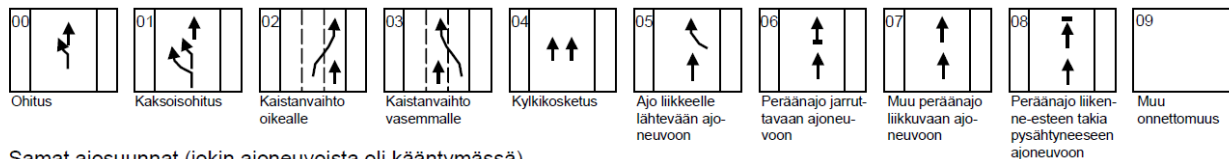
LIITE C: ONNETTOMUUSLUOKAN MÄÄRITTELY

Onnettomuusluokan määrittely	Yleisimmät onnettomuus-tilanteet
Yksittäisonnettomuus Osallisena yksi moottoriajoneuvo	
Ohitusonnettomuus Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Joku osallinen oli ohittamassa.	
Kääntymisonnettomuus Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja, joista ainakin yksi oli kääntymässä. Ei sisällä ohitus- eikä risteämisonnettomuuksia.	
Risteämisonnettomuus Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Joku osallisista oli tulossa risteävältä tieltä. Ei sisällä kääntymis- eikä ohitusonnettomuuksia.	
Kohtaamisonnettomuus Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Osalliset tulossa vastakkaisista suunnista. Ei sisällä kääntymis-, ohitus- eikä risteämisonnettomuuksia.	
Peräänajo-onnettomuus Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Ei sisällä ohitus- eikä kääntymisonnettomuuksia.	
Jalankulkijaonnettomuus Osallisena ajoneuvon lisäksi jalankulkija.	
Polkupyöraonnettomuus Osallisena polkupyörä. Ei sisällä jalankulkijaonnettomuuksia.	
Mopedionnettomuus Osallisena mopedi. Ei sisällä jalankulkija- eikä polkupyöraonnettomuuksia.	
Eläinonnettomuus Moottoriajoneuvon ja eläimen välinen onnettomuus.	
Hirvieläinonnettomuus Moottoriajoneuvon ja hirven tai peuran välinen onnettomuus	
Muu onnettomuus Sisältää onnettomuudet joissa on osallisena harvinaisempia moottoriajoneuvoja, kuten juna, maatalouskone tai moottorikelkka, sekä edellisiin ryhmiin kuulumattomat onnettomuudet.	

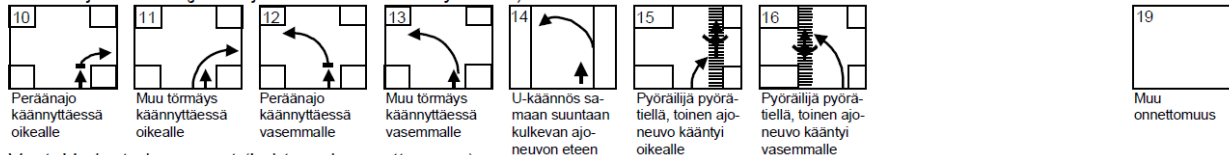
Lähde: Liikennevirasto 2018

LIITE D: LIIKENNEONNETTOMUUSTYYPPIKUVASTO

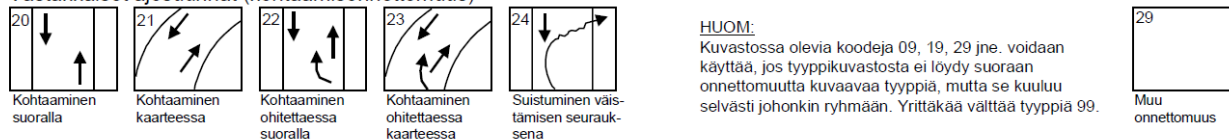
0 Samat ajosuunnat (mikään ajoneuvoista ei ollut kääntymässä)



1 Samat ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)



2 Vastakkaiset ajosuunnat (kohtaamisongnettomuus)



HUOM:

Kuvastossa olevia koodeja 09, 19, 29 jne. voidaan käyttää, jos tyyppikuvastosta ei löydy suoraan onnettomuutta kuvaavaa tyyppiä, mutta se kuuluu selvästi johonkin ryhmään. Yrittäkää välttää tyyppiä 99.

3 Vastakkaiset ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)

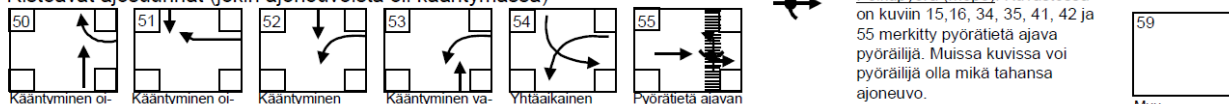


4 Risteävät ajosuunnat



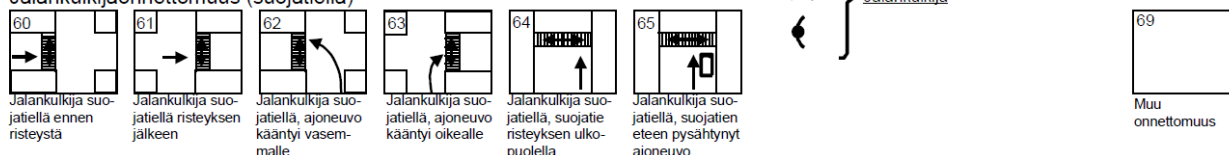
Ajoneuvo: Kuvastossa tarkoitetaan ajoneuvolla TLA 2 §:ssä määriteltujen kulkuneuvojen lisäksi myös raitiovaunua.

5 Risteävät ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)



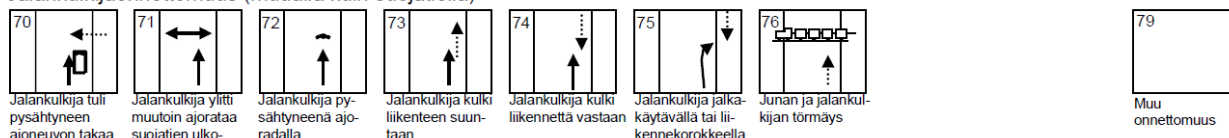
Polkupyörä (mopo): Kuvastossa on kuviin 15, 16, 34, 35, 41, 42 ja 55 merkitty pyörätiellä ajava pyöräilijä. Muissa kuvissa voi pyöräilijä olla mikä tahansa ajoneuvo.

6 Jalankulkijaonnettomuus (suojatiellä)

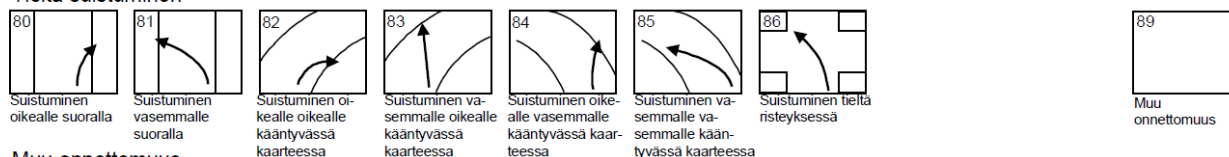


Jalankulkija

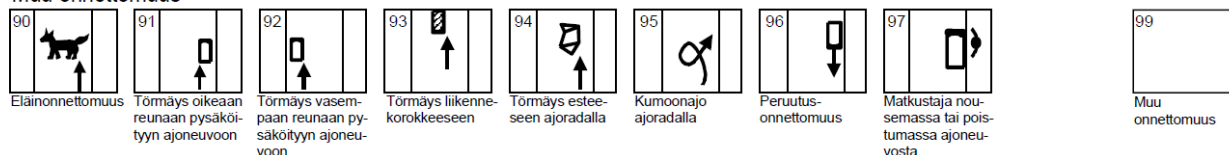
7 Jalankulkijaonnettomuus (muualla kuin suojatiellä)



8 Tieltä suistuminen



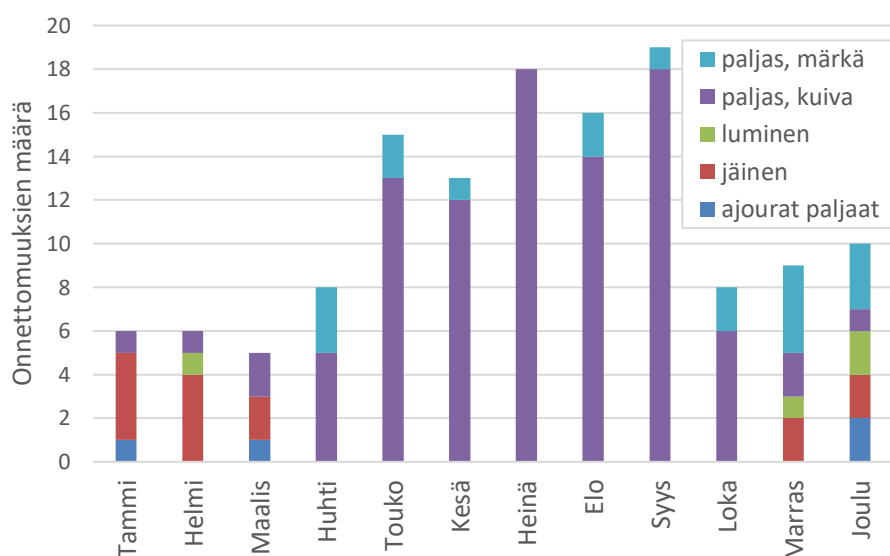
9 Muu onnettomuus



LIITE E: ONNETTUMUUKSIEN AJALLINEN TARKASTELU

Taulukko 1. Porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) vuosittain aikavälillä 2009–2017.

Porrastustapa	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Yhteensä
Oikea-vasen	3	13	8	10	9	8	10	5	4	70
Vasen-oikea	10	8	9	5	5	8	6	2	10	63
Yhteensä	13	21	17	15	14	16	16	7	14	133



Kuva 1. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien ($n = 133$) määrät kuukausittain tien pinnan sääolosuhteiden mukaan vuosina 2009–2017.

LIITE F: PORRASTETTUIJEN LIITTYMIEN ONNETTOMUUSTYYPIT

Onnettomuustyyppi ¹		O-V	V-O	Yhteensä ²
0 Samat ajosuunnat (mikään ajoneuvoista ei ollut kääntymässä)	00 Ohitus	2	1	3
	06 Peräänajo jarruttavaan ajoneuvoon	4	5	9
	08 Peräänajo liikenne-esteen takia pysähtyneeseen ajoneuvoon	2	5	7
	09 Muu samat ajosuunnat, ei kääntymistä	0	1	1
	Yhteensä	8	12	20
1 Samat ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)	10 Peräänajo käännätyssä oikealle	3	1	4
	11 Muu törmäys käännätyssä oikealle	1	0	1
	12 Peräänajo käännätyssä vasemmalle	4	3	7
	13 Muu törmäys käännätyssä vasemmalle	5	1	6
	16 Pyöräilijä pyörätiellä, toinen ajoneuvo kääntyi vasemmalle	2	0	2
	19 Muu samat ajosuunnat, kääntyminen	1	2	3
	Yhteensä	16	7	23
2 Vastakkaiset ajosuunnat (kohtaamisonnettomuus)	20 Kohtaaminen suoralla	1	0	1
	21 Kohtaaminen kaarteessa	1	1	2
	29 Muu kohtaamisonnettomuus	1	1	2
	Yhteensä	3	2	5
3 Vastakkaiset ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)	30 Kääntyminen vasemmalle vastaantulevan eteen tai kylkeen	5	3	8
	34 Pyöräilijä pyörätiellä, vastaantuleva ajoneuvo kääntyi oikealle	0	1	1
	39 Muu vastakkaiset ajosuunnat, kääntyminen	0	2	2
	Yhteensä	5	6	11
4 Risteävät ajosuunnat	40 Ajo risteäviä ajosuuntia suoraan	1	1	2
	41 Pyöräilijä pyörätiellä risteyksessä	1	0	1
	42 Pyöräilijä pyörätiellä muualla	0	1	1
	49 Muu risteämisonnettomuus, ei kääntymistä	0	4	4
	Yhteensä	2	6	8
5 Risteävät ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)	50 Kääntyminen oikealle toisen eteen tai kylkeen	2	0	2
	52 Kääntyminen vasemmalle toisen eteen tai kylkeen	7	5	12
	53 Kääntyminen vasemmalle risteävän auton eteen tai kylkeen	3	3	6
	59 Muu risteämisonnettomuus, kääntyminen	4	1	5
	Yhteensä	16	9	25
7 Jalankulkijaonnettomuus (muualla kuin suojatiellä)	71 Jalankulkija ylitti muutoin ajorataa suojatien ulkopuolella	0	1	1
	Yhteensä	0	1	1
8 Tieltä suistuminen	80 Suistuminen oikealle suoralla	4	2	6
	81 Suistuminen vasemmalle suoralla	5	2	7
	82 Suistuminen oikealle oikealle kääntyvässä kaarteessa	1	0	1
	83 Suistuminen vasemmalle vasemmalle kääntyvässä kaarteessa	0	3	3
	84 Suistuminen oikealle vasemmalle kääntyvässä kaarteessa	2	0	2
	85 Suistuminen vasemmalle vasemmalle kääntyvässä kaarteessa	1	0	1
	86 Suistuminen tieltä risteyksessä	5	10	15
	89 Muu tieltä suistuminen	2	2	4
	Yhteensä	20	19	39
9 Muu onnettomuus	95 Kumoonajo ajoradalla	0	1	1
	Yhteensä	0	1	1
Kaikki yhteensä		70	63	133

¹Henkilövahinko-onnettomuudet onnettomuustyyppikuvaston mukaan²Luvut ovat henkilövahinko-onnettomuuksien määriä

LIITE G: PÄÄTIENTEN KANAVOINTI

Taulukko 1. Oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusaste päätien kanavoinnin mukaan vuosina 2009–2017.

Kana- vointi	Liittymien määrä (kpl)	Liittymään saa- puvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuo- lema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./ 100milj. ajon.)
Ei	69	2616	41	8,2	1	0,20
On ³	15	7566	29	9,2	0	0,00
Yhteensä	84	3500	70	8,6	1	0,12

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

³Päätien kanavointi molemmille sivuteille käännätyssä.

Taulukko 2. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusaste päätien kanavoinnin mukaan vuosina 2009–2017.

Kana- vointi	Liittymien määrä (kpl)	Liittymään saa- puvat ajon./vrk	Hvjo ¹ (kpl)	Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.)	Kuo- lema ² (kpl)	Kuolema-aste (onn./ 100milj. ajon.)
Ei	91	2246	43	7,6	4	0,70
On ³	10	7199	20	10,0	3	1,50
Yhteensä	101	2736	63	8,2	7	0,91

¹Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

²Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

³Päätien kanavointi molemmille sivuteille käännätyssä.

LIITE H: SUOJAAMATTOMIEN TIENKÄYTTÄJIEN ONNETTOMUUDET JA SUUNNITTELURATKAISUT

Taulukko 1. Järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille ja porrastetut liittymät, joissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui ainakin yksi henkilövahinkoon johtanut onnettomuus vuosina 2009–2017.

Porras-tapa ¹	Saapuvat ajon./vrk ²	Jk-onn. ³ (kpl)	Pp-onn. ⁴ (kpl)	Mopo-onn. ⁵ (kpl)	Suojaamattomien tienk. onn. yhteensä ⁶ /kpl	Nopeus (km/h) ⁷	Päätien risteäminen	Pp- ja jk-väylä ⁸
o-v	11185	0	1	3	4	60	alikulku	on
o-v	4284	0	0	2	2	80	ei	ei
o-v	4629	0	2	0	2	70	ei	ei
o-v	4927	0	1	1	2	80	alikulku	on
o-v	12093	0	2	0	2	60	ei	ei
v-o	4030	0	0	2	2	80	ei	ei
v-o	2488	0	0	2	2	50	suojaatie	on
o-v	9278	0	0	1	1	70	ei	on
o-v	7466	0	0	1	1	80	alikulku	on
o-v	3109	0	1	0	1	100	ei	ei
o-v	11007	0	1	0	1	60	alikulku	on
o-v	2009	0	1	0	1	50	keskisaareke	on
o-v	5809	0	0	1	1	60	keskisaareke	on
v-o	19174	1	0	0	1	60	ei	ei
v-o	9948	0	0	1	1	70	ei	ei
v-o	6347	1	0	0	1	80	ei	on
v-o	3638	0	1	0	1	100	ei	on
v-o	2464	0	0	1	1	60	ei	ei
v-o	2250	0	1	0	1	50	keskisaareke	on
v-o	1645	0	1	0	1	40	keskisaareke	on
v-o	2137	0	0	1	1	60	ei	on

¹Porrastustavat lyhennetty o-v=oikea-vasen, v-o=vasen-oikea

²Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrää keskimäärin tarkastellussa liittymäjoukossa

³Jalankulkijaonnettomuus

⁴Polkupyöräonnettomuus

⁵Mopo-onnettomuus

⁶Suojaamattomien tienkäyttäjien (jalankulkija, pyöräilijä, mopoilija) onnettomuudet yhteensä

⁷Päätien nopeusrajoitus

⁸Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä

LIITE I: ENITEN HENKILÖVAHINKOON JOHTANEITA ONNETTOMUUKSIA

Taulukko 1. Porrastetut liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia vuosina 2009-2017.

Porr. tapa ¹	Sivutien osuus ²	Saapuvat ajon./vrk ³	Hvjo (kpl)	Kuolema (kpl)	Nopeus ⁴ (km/h)	Porrastusväli (m)	Väistötila	Kanavointi ⁵	Kääntymiskaistat ⁶	Päätien risteäminen	Pp- ja jk-väylä ⁷
o-v	19 %	11185	7	0	60	151-350	on	koroke	vain toisessa	alikulku	on
o-v	4 %	7361	6	0	80	151-350	ei	tiemerkintä	on	alikulku	on
o-v	31 %	4422	6	0	80	> 350	ei	vain toisessa	ei	suoja-tie-saareke	on
v-o	17 %	19174	5	0	60	151-350	ei	koroke	vain toisessa	ei	ei
v-o	32 %	6265	5	2	60	50-150	ei	koroke	on	suoja-tie-saareke	ei
o-v	7 %	4284	4	0	80	< 50	ei	ei	ei	ei	ei
v-o	22 %	4030	4	0	80	151-350	ei	ei	ei	ei	ei
v-o	14 %	6831	4	0	80	> 350	ei	vain toisessa	on	ei	on
o-v	12 %	4629	3	0	70	151-350	ei	ei	ei	ei	ei
o-v	8 %	4927	3	0	80	151-350	ei	tiemerkintä	on	alikulku	on
o-v	27 %	9278	3	0	70	151-350	ei	tiemerkintä	on	ei	on
o-v	23 %	7466	3	0	80	151-350	on	ei	ei	alikulku	on
o-v	4 %	7696	3	0	100	> 350	on	ei	ei	ei	ei
o-v	6 %	14532	3	0	80	> 350	on	ei	ei	ei	on
o-v	8 %	5964	3	0	100	151-350	ei	tiemerkintä	on	ei	ei
v-o	17 %	2488	3	0	50	151-350	ei	ei	ei	suoja-tie	on
v-o	10 %	9948	3	0	70	< 50	ei	ei	ei	ei	ei
v-o	6 %	4603	3	1	80	151-350	on	tiemerkintä	on	alikulku	on
v-o	33 %	2109	3	1	80	50-150	ei	ei	vain toisessa	ei	ei
v-o	12 %	4701	3	0	80	50-150	on	ei	ei	ei	ei

¹Porrastustavat lyhennetty o-v=oikea-vasen, v-o=vasen-oikea

²Sivutien liikenteen osuus liittymään vuorokaudessa saapuvista ajoneuvoista

³Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrää keskimäärin tarkastellussa liittymäjoukossa

⁴Päätien nopeusrajoitus

⁵Kanavointi molemmille sivuteille käännäessä=koroke tai tiemerkintä, kanavointi vain toiselle sivutielle käännäessä=vain toisessa, ei kanavointia kummallekaan sivutielle käännäessä=e

⁶Kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännäessä=on, kääntymiskaista vain toiselle sivutielle käännäessä=vain toisessa, ei kääntymiskaistoja kummallekaan sivutielle käännäessä=e

⁷Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä